

# **KAJIAN SAPROBITAS PERAIRAN SEBAGAI LANDASAN PENGELOLAAN DAS KALIGARANG - SEMARANG**

## **TESIS**

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Mencapai Derajat Sarjana S-2**

**Program Pascasarjana Universitas Diponegoro  
Program Studi : Magister Manajemen Sumberdaya Pantai**



Oleh :  
**LILIK KARTIKA SARI  
K4A002017**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
2005**

# KAJIAN SAPROBITAS PERAIRAN SEBAGAI LANDASAN PENGELOLAAN DAS KALIGARANG - SEMARANG

Dipersiapkan dan disusun oleh :

LILIK KARTIKA SARI

K4A002017

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji :  
Tanggal : 8 Februari 2005

Menyetujui :

Ketua Tim Penguji,



Prof. Dr. Ir. Supriharjono, MS

Penguji I



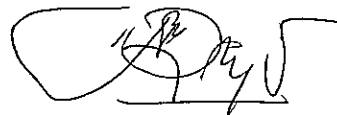
Ir. Prijadi Soedarsono, MSc

Sekretaris Tim Penguji



Prof. Dr. Sutrisno Anggoro, MS

Penguji II



Ir. Ruswahyuni, MSc.

Mengetahui  
Ketua Program Studi



Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

LPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	4100/17/mmsa/05
Tgl.	24-11-05

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan anugrahnya sehingga penyusunan draft tesis ini dapat diselesaikan.

Penyusunan tesis ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kualitas air DAS Kaligarang sebagai sungai besar yang melintasi kota Semarang, agar nantinya dapat digunakan sebagai masukan dalam pengelolaan DAS tersebut, agar berfungsi sebagaimana mestinya dan tetap terjaga kualitasnya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bp. Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS sebagai Pembimbing Pertama,
2. Bp. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS sebagai Pembimbing Kedua dan Ketua Program Studi,
3. Bp. Ir. Prijadi Sudarsono, MSc., sebagai Penguji Pertama,
4. Ibu Ir. Ruswahyuni, MSc., sebagai Penguji Kedua,
5. Pimpinan dan keluarga besar Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto yang telah memberikan kesempatan, dukungan dan dorongan semangat kepada penulis untuk menempuh studi ini,
6. Teman-teman seperjuangan, mahasiswa S-2 Program Studi Manajemen Sumberdaya Pantai angkatan 2002 atas kebersamaan dan semangatnya,
7. Ayah-bunda, suami, anak-anakku serta kakak dan adikku atas dorongan moril, bantuan tenaga dan pengertiannya.
8. Semua pihak yang membantu dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Saran yang membangun sangat diharapkan.

Semarang, Februari 2005

Penulis

## RINGKASAN

LILIK KARTIKA SARI. NIM K4A002017. **KAJIAN SAPROBITAS PERAIRAN SEBAGAI LANDASAN PENGELOLAAN DAS KALIGARANG – SEMARANG**, (PEMBIMBING : SUPRIHARJONO DAN SUTRISNO ANGGORO).

Pantai Semarang yang merupakan perairan tempat pertemuan antara hasil yang dibawa dari daratan dengan lautan yang nantinya menentukan kualitas dan kuantitas hasil perikanan. Kaligarang sangat berperan, karena merupakan sungai besar yang melintasi Semarang yang tentunya membawa beban limbah berbagai aktifitas yang ada disekitarnya, menentukan kondisi kualitas air kawasan tersebut.

Saprobitas perairan merupakan metoda analisis struktur komunitas jasad renik kualitas air, terutama ditinjau dari derajat pencemaran. Sistem ini berdasar zona kelimpahan suatu organisme spesifik. Nilai Saprobitas (TSI), keanekaragaman dan keseragaman organisme perairan digunakan untuk mengetahui kualitas air perairan. Organisme yang diamati adalah benthos -karena sifatnya yang menetap, dan perifiton. Hal tersebut diambil dengan pertimbangan apabila kualitas air turun sampai ke tingkat yang tidak dapat ditolerir oleh organisme tersebut, maka organisme tersebut akan mati, begitu juga sebaliknya.

Penelitian ini bertujuan untuk :1).Mengkaji parameter fisika kimia perairan DAS Kaligarang. 2). Mendapatkan gambaran saprobitas, keanekaragaman serta keseragaman organisme perairan DAS Kaligarang, 3). Mengkaji ada atau tidaknya hubungan antara kondisi parameter biologi dengan kondisi parameter fisika kimia perairan; yang nantinya akan berguna sebagai masukan untuk pengelolaan DAS Kaligarang selanjutnya agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya.

Penelitian dilakukan dengan sampling. Hewan benthos dikoleksi dengan menggunakan grab. Koleksi Perifiton, sebagai organisme yang hidupnya menempel, menggunakan objek gelas susun silang yang diletakkan di perairan selama 2 minggu sebelum pengamatan dilakukan.

Parameter fisika kimia perairan pada beberapa stasiun berada dalam kondisi tidak memenuhi Baku Mutu Air. Nilai Saprobitas (TSI), keanekaragaman dan keseragaman juga menunjukkan terdapat pencemaran di badan sungai sehingga terjadi penurunan kualitas air pada DAS Kaligarang dari hulu ke hilir.

Analisa korelasi dengan menggunakan SPSS 10.01 menunjukkan adanya hubungan yang nyata dan sangat nyata antara kondisi parameter fisika kimia perairan dengan kondisi parameter biologi perairan.

---

**Kata kunci : *Kajian, Saprobitas, Parameter Fisika Kimia, DAS Kaligarang***

## ABSTRAC

LILIK KARTIKA SARI. NIM K4A002017. **STUDY OF WATERS SAPROBITY AS MANAGEMENT BASE OF KALIGARANG RIVER FLOWING AREA – SEMARANG**, (SUPRIHARYONO AND SUTRISNO ANGGORO).

Semarang, as coastal town, have a big river; Kaligarang. At one side, territorial water of coast of Semarang used for the area of fishing ground, but on the other side region have accept high contamination burden, namely came from various human activities and industries as long as river flow.

Water quality criteria is not only base of physics and chemists. But also biologic criteria, too. In these research, used saprobe as biologic criteria for water quality, beside physic and chemists criteria.

This research aim to :1). Study of physic and chemists of water 2). Getting picture of saprobic (TSI), diversity (H') and Evenness (E) of organisms, 3). Study of correlations among physic – chemists criteria and biologic water criteria; that would be used for base of Kaligarang management.

Research by sampling. Benthos be collected by grab. Periphyton be collected by object glass, placed on waters 2 weeks before studied.

Physics and chemists criteria at some points have not on good criteria. The biologic criteria shown that some place have polluted action.

Correlation analisys by SPSS 10.01 shown there are significant between physic – chemists and biologic criteria.

---

**Key : Study, Waters Saprobity, Physic and Chemists Water Criteria, Kaligarang**

## DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RINGKASAN .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR ILLUSTRASI .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Masalah Penelitian	
1.2.1. Identifikasi Masalah .....	2
1.2.2. Pembatasan Masalah .....	3
1.2.3. Perumusan Masalah .....	4
1.2.4. Pendekatan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Kegunaan Penelitian .....	5
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pengertian dan Prinsip Analisa TROSAP .....	7
2.2. Organisme Perifiton .....	10
2.3. Benthos .....	11
2.4. Parameter Kimia – Fisika Perairan	
2.4.1. Oksigen Terlarut .....	13
2.4.2. BOD <sub>5</sub> .....	14
2.4.3. Nitrat .....	17
2.4.4. Fosfat .....	18
2.4.5. pH .....	19
2.4.6. Salinitas .....	20
2.4.7. Suhu .....	21
2.4.8. Kecerahan .....	21
2.4.9. Kecepatan Arus.....	22
2.5. Pencemaran di Wilayah Pesisir dan Lautan .....	23
2.6. Daerah Aliran Sungai Kaligarang.....	26
 <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Materi Penelitian .....	27
3.2. Metode Penelitian .....	28
3.3. Ruang Lingkup Penelitian .....	28
3.4. Lokasi Penelitian .....	29
3.5. Variabel Penelitian .....	32
3.6. Jenis dan Sumber Data .....	33
3.7. Teknis Pengambilan Sampel .....	

3.7.1. Teknis Pengambilan Sampel Perifiton.....	34
3.7.2. Teknis Pengambilan Sampel Benthos .....	35
3.8. Pengumpulan Data .....	35
3.9. Teknik Analisa Data .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	38
4.2. Kondisi Parameter Fisika Perairan	
4.2.1. Kedalaman dan Kecerahan .....	43
4.2.2. Kecepatan Arus .....	46
4.2.3. Suhu .....	47
4.2.4. Salinitas .....	48
4.3. Kondisi Parameter Kimia Perairan	
4.3.1. Derajat Keasaman (pH).....	49
4.3.2. Oksigen Terlarut (DO).....	51
4.3.3. Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD <sub>5</sub> ).....	53
4.3.4. Nitrat .....	54
4.3.5. Phosphat .....	56
4.4. Kondisi Parameter Biologi	
4.4.1. Perifiton .....	58
4.4.1.1. Nilai TSI .....	59
4.4.1.2. Keanekaragaman Perifiton .....	62
4.4.2. Benthos	
4.4.2.1. Keanekaragaman Benthos .....	63
4.4.2.2. Keseragaman Benthos .....	65
4.5. Hubungan antara Kondisi Parameter Fisika Kimia Perairan dengan Kondisi Parameter Biologi Perairan	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	68
5.2. Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <b>Produksi dan Nilai Produksi Pertambahan dan Perairan Umum Kota Semarang</b>	1
Tabel 2. <b>Beberapa Kriteria Kualitas Air Berdasar Indeks Keanekaragaman Jenis (Shannon dan Weaver) Benthos</b>	12
Tabel 3. <b>Penggolongan Kualitas Air Berdasarkan Kandungan Oksigen Terlarut</b>	14
Tabel 4. <b>Penggolongan Kualitas Air Berdasar Nilai BOD<sub>5</sub></b>	16
Tabel 5. <b>Letak Stasiun Pengamatan</b>	40
Tabel 6. <b>Kondisi Rata-rata Parameter Perairan DAS Kaligarang Selama Penelitian</b>	42
Tabel 7. <b>Pemanfaatan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kaligarang</b>	44
Tabel 8. <b>Suhu Perairan DAS Kaligarang</b>	47
Tabel 9. <b>Salinitas Perairan DAS Kaligarang</b>	49
Tabel 10. <b>Nilai pH Perairan DAS Kaligarang</b>	50
Tabel 11. <b>Kandungan Oksigen Terlarut Perairan DAS Kaligarang</b>	52
Tabel 12. <b>BOD<sub>5</sub> Perairan DAS Kaligarang</b>	54
Tabel 13. <b>Kandungan Nitrat Perairan DAS Kaligarang</b>	54
Tabel 14. <b>Kandungan Fosfat Perairan DAS Kaligarang</b>	56
Tabel 15. <b>Kriteria Nilai Tropik Saprobik Indeks (TSI) dan Keanekaragaman (H') untuk Menilai Kelayakan Perairan</b>	59
Tabel 16. <b>Nilai TSI Rata-rata Tiap Stasiun</b>	60
Tabel 17. <b>Nilai H' (Keanekaragaman) Perifiton Rata-rata Perairan DAS Kaligarang</b>	62
Tabel 18. <b>Nilai H' (Keanekaragaman) Benthos Rata-rata Perairan DAS Kaligarang</b>	63
Tabel 19. <b>Nilai E (Keseragaman) Benthos Rata-rata Perairan DAS Kaligarang</b>	65



## DAFTAR ILLUSTRASI

		Halaman
Illustrasi 1.	Skema Pendekatan Masalah	6
Illustrasi 2.	Letak Stasiun Pengamatan dalam Peta Kota Semarang	31
Illustrasi 3.	Van ver Grab	35
Illustrasi 4.	Lokasi Pengambilan Sampel dan Skema Industri yang Memanfaatkan DAS Kaligarang	41
Illustrasi 5.	Kedalaman dan Kecerahan Rata-rata Tiap Stasiun	43
Illustrasi 6.	Kecepatan Arus Rata-rata Tiap Stasiun	46
Illustrasi 7.	Suhu Rata-rata Tiap Stasiun	48
Illustrasi 8.	Salinitas Rata-rata Tiap Stasiun	48
Illustrasi 9.	Derajat Keasaman (pH) Rata-rata Tiap Stasiun	50
Illustrasi 10.	Kandungan Oksigen Terlarut (DO) Rata-rata Tiap Stasiun	51
Illustrasi 11.	Kandungan BOD <sub>5</sub> Rata-rata Tiap Stasiun	53
Illustrasi 12.	Kandungan Nitrat Rata-rata Tiap Stasiun	55
Illustrasi 13.	Kandungan Phosphat Rata-rata Tiap Stasiun	57
Illustrasi 14.	Nilai TSI Tiap Stasiun	61
Illustrasi 15.	Keanekaragaman (H') Perifiton	63
Illustrasi 16.	Keanekaragaman Benthos	64
Illustrasi 17.	Keseragaman Benthos Tiap Stasiun	65

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pengukuran Kualitas Air - Parameter Kimia	72
Lampiran 2. Pengukuran Kualitas Air - Parameter Fisika	73
Lampiran 3. Nilai TSI Perifiton Stasiun Tinjomoyo	74
Lampiran 4. Nilai TSI Perifiton Stasiun Kripik - Kreo	76
Lampiran 5. Nilai TSI Perifiton Stasiun Tugu Suharto	78
Lampiran 6. Nilai TSI Perifiton Stasiun PDAM	80
Lampiran 7. Nilai TSI Perifiton Stasiun Bendung Simongan	82
Lampiran 8. Nilai TSI Perifiton Stasiun Muara	84
Lampiran 9. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun Tinjomoyo	86
Lampiran 10. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun Kripik – Kreo	89
Lampiran 11. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun Tugu Suharto	92
Lampiran 12. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun PDAM	95
Lampiran 13. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun Bendung Simongan	98
Lampiran 14. Nilai Keanekaragaman Perifiton Stasiun Muara	101
Lampiran 15. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun Tinjomoyo	104
Lampiran 16. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun Kripik – Kreo	105
Lampiran 17. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun Tugu Suharto	106
Lampiran 18. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun PDAM	107
Lampiran 19. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun Bendung Simongan	108
Lampiran 20. Nilai Keanekaragaman dan Keseragaman Benthos Stasiun Muara	109
Lampiran 21. Nilai TSI, Keanekaragaman Perifiton dan Keanekaragaman – Keseragaman Benthos Tiap Stasiun Selama Penelitian	110
Lampiran 22. Uji Korelasi Parameter Fisika Kimia Perairan dengan Parameter Biologi Perairan	111

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kawasan Pesisir, mempunyai potensi besar dalam menunjang produksi perikanan. Menurut Mann (1982) dalam Supriharyono (2000) produktifitas primer (PP) rata-rata di perairan pesisir mencapai lebih dari 500 gr C/m<sup>2</sup>/thn. Hal ini merupakan angka yang tinggi dibandingkan dengan PP di daratan sebesar 100 gr C/m<sup>2</sup>/thn di daratan ataupun di laut dalam sekitar 50 gr C/m<sup>2</sup>/thn.

Semarang, sebagai kota pesisir, tentunya tidak terlepas dari produktifitas perairan di dalamnya. Wilayah Semarang, yang terbentang dari daerah Selatan yang berupa perbukitan, bahkan merupakan gunung Ungaran sampai ke arah utara, dimana terdapat laut Jawa, atau tepatnya bermuara di perairan Tanjung Emas, tentu saja amat beragam kondisi perairannya. Berikut, dalam Tabel 1, tersaji produksi perikanan di kota Semarang.

**Tabel 1. Produksi dan Nilai Produksi Pertambahan dan Perairan Umum Kota Semarang**

<b>Tahun</b>	<b>Tambak</b>		<b>Perairan Umum</b>	
	<b>Produksi (Ton)</b>	<b>Nilai (Rupiah)</b>	<b>Produksi (Ton)</b>	<b>Nilai (Rupiah)</b>
1996	3.038,9	16.790.261	9,6	19.061.000
1997	2.365,5	15.939.237	17,8	92.115.000
1998	3.038,9	30.816.640	18,36	61.507.000
1999	808,7	8.931.451	18,77	40.786.000
2000	692,8	9.640.946	18,97	19.388.000

Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Jawa Tengah, 2001

Semarang, sebagai kawasan pesisir seperti umumnya kota besar di Indonesia mendapat ancaman terhadap kualitas air dan daya dukung lingkungan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kegiatan yang berpotensi menurunkan kualitas air dan lingkungan, seperti limbah industri, limbah domestik dan kegiatan lain yang terjadi di sekitar DAS pada sungai yang melintasi kota pesisir tersebut.

Pantai Semarang (Marina) sebagai muara aliran sungai yang berhulu di daerah sekitar Semarang merupakan daerah pertemuan antara hasil yang dibawa dari daratan sebelum akhirnya ke laut bebas. Muatan yang terbawa dari hulu inilah yang nantinya menentukan kualitas dan kuantitas dari produksi perairan yang dihasilkan oleh daerah pantai Semarang dan sekitarnya.

Kaligarang, sebagai salah satu sungai besar di kota Semarang memegang peran penting dalam kualitas air di pesisir Semarang. Adanya kegiatan pertanian, pertambangan (golongan C), industri dan aktifitas penduduk yang ada disekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang berperan penting dalam kualitas air DAS Kaligarang tersebut.

## **1.2. Masalah Penelitian**

### **1.2.1. Identifikasi Masalah**

Kaligarang sebagai sungai besar yang mengalir di kota Semarang perlu dicermati. Hal ini menyangkut beban yang dikandung dalam aliran sungai tersebut, mengingat sungai ini

mengangkut hasil aktifitas penduduk yang ada disekitar DAS. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran, ada beberapa metode pengukuran kualitas air, antara lain dengan parameter fisika, kimia serta biologi perairan tersebut.

#### **1.2.2. Pembatasan Masalah**

Dalam badan air yang mengalir, seperti DAS Kaligarang ini, penentuan tingkat pencemaran menggunakan indikator biologis, yaitu organisme yang hidupnya menetap di perairan tersebut. Hal ini mengingat sifat perairan yang mengalir selalu terjadi pencucian (Supriharyono, 2004). Apabila kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu, yang tidak dapat ditolerir untuk kehidupan organisme, maka organisme tersebut akan mati, dan sebaliknya. Sehingga keberadaan organisme tersebut dapat secara tidak langsung digunakan sebagai indikator kualitas perairan (Dickman (1969) dalam Supriharyono, 2004).

Organisme yang sering digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas air dan perubahan kualitas air adalah organisme yang menetap, seperti benthos, perifiton atau epifit ;phytoplankton yang menempel.

Saprobitas merupakan suatu pengamatan untuk mengetahui kualitas dari suatu perairan. Dalam pengujian

saprobitas ini, perifiton, dikelompokkan ke dalam kelompok yang dapat menunjukkan kualitas air suatu perairan.

Nilai Keanekaragaman dan keseragaman organisme yang hidup di perairan tersebut dapat dipakai untuk menentukan kualitas perairan tersebut.

### 1.2.3. Perumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini adalah :

- Bagaimana saprobitas, yang ada di DAS Kaligarang?
- Bagaimana kondisi parameter fisika kimia perairan di DAS Kaligarang ?

Oleh karenanya perlu melihat adanya hubungan keberadaan organisme tersebut dengan faktor fisika kimia perairan (pH, salinitas, suhu, fosfat, kecerahan dlsb).

Kualitas air suatu perairan tidak hanya identik dengan nilai parameter fisika – kimia di dalamnya saja, tetapi juga menyangkut keanekaragaman dan keseragaman plankton (dalam hal ini perifiton) dan benthos yang hidup di dalamnya.

### 1.2.4. Pendekatan Masalah

Dalam mengkaji kondisi DAS Kaligarang ini, digunakan parameter biologis, yaitu : TSI (Tropik Saprobik Indeks), Keanekaragaman dan Keseragaman organisme yang akan menggambarkan kondisi DAS tersebut, selain kondisi parameter fisika kimia perairan.

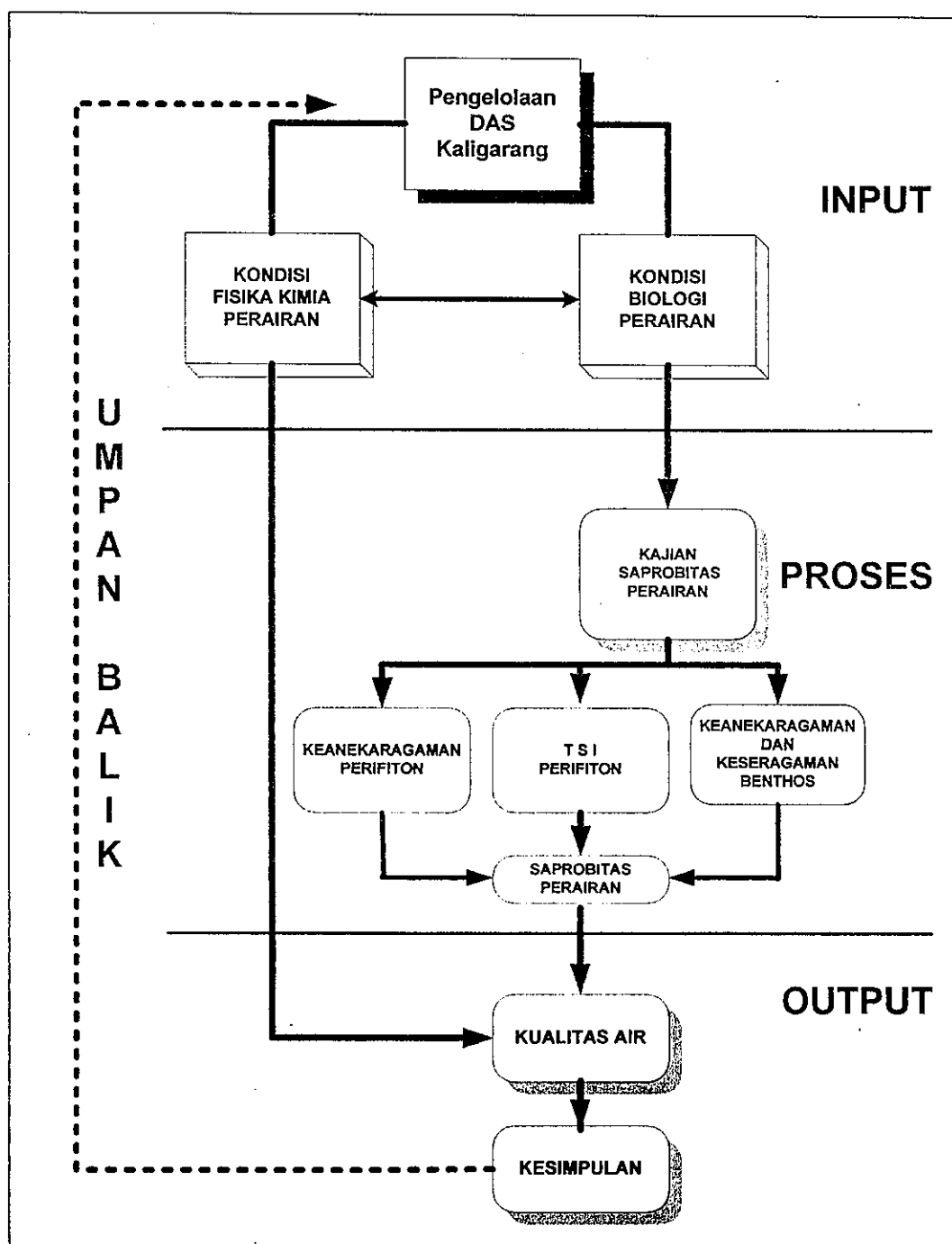
### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengkaji parameter fisika kimia perairan DAS Kaligarang dari hulu sampai muara.
2. Mendapatkan gambaran kondisi saprobitas, keanekaragaman serta keseragaman organisme perairan (perifiton dan benthos) dari hulu hingga hilir DAS Kaligarang.
3. Untuk mengkaji ada atau tidaknya hubungan antara kondisi parameter biologi, yaitu TSI, keanekaragaman dan keseragaman organisme perairan dengan kondisi parameter fisika kimia perairan.

### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Manfaat dari kajian ini adalah untuk mengetahui kondisi DAS Kaligarang dari hulu hingga hilir, sehingga dapat diharapkan dapat menjadi informasi bagi pengelolaan DAS Kaligarang agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya.



**Ilustrasi 1. Skema Pendekatan Masalah**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian dan Prinsip Analisa TROSAP**

Kolenati (1848) dan Cohn (1853), keduanya dalam Persoone dan Pauw (1978), menjelaskan bahwa beberapa organisme memberikan gambaran hubungan antara pengaruh polusi terhadap kualitas perairan. Dengan kata lain, organisme-organisme yang ditemukan di air yang terpolusi berbeda dengan organisme yang ditemukan di air bersih (=clear water).

Hal ini menegaskan bahwa apabila tidak ada perlakuan yang benar terhadap sampah yang masuk ke badan air, maka hal tersebut akan menambah besarnya polusi air tersebut.

Mez pada tahun 1898 menerbitkan buku-buku analisa mikroskopis air, dimana dikelompokkan menjadi 4 katagori :

1. Organisme yang ditemukan di perairan yang sangat bersih/murni (pure water),
2. Organisme yang ditemukan di perairan yang tercemar ringan,
3. Organisme yang ditemukan di perairan yang tercemar agak berat, dan
4. Organisme yang ditemukan di perairan yang tercemar berat.

Begitu juga dengan Kolwitz dan Marsoon, pada tahun 1902, yang membuat definisi dari konsep 'Indikator Biologis Pencemaran', dikenal dengan sistem SAPROBIK.

Sistem ini berdasar perbedaan zona. Dimana di tiap zona dicirikan dengan oleh spesies tanaman maupun hewan tertentu. Konsep mereka berdasarkan penemuan tumbuhan dan hewan tersebut, ketika kotoran atau sampah-sampah organik yang dapat membusuk masuk ke perairan tersebut. Ini merupakan serentetan peristiwa yang ditentukan oleh jarak dan waktu. Dimana kondisi lingkungan tersebut menghasilkan lingkungan yang berbeda dan menghasilkan komunitas akuatik yang berbeda pula.

Pada rangkaian ini diperlihatkan penurunan kemurnian secara berangsur-angsur dari badan air tersebut. Kolkwitz dan Marsson memperkenalkan Konsep Pemurnian Alami (Pulih Diri) yang dikenal dalam 3 (tiga) tingkatan pada proses ini, yaitu :

1. Zona dengan dominasi proses-proses penurunan kualitas air, disebut tingkat Polisaprobik,
2. Zona dengan proses penurunan berhenti secara berangsur-angsur dan diambil alih oleh proses-proses oksidasi, disebut dengan tingkat Mesosaprobik,
3. Zona yang didalamnya hanya terdapat proses oksidasi, yang disebut tingkat Oligosaprobik.

Istilah 'Saprobia' dikenalkan oleh Kolkwitz dan Marsson untuk menyatakan ketergantungan organisme-organisme terhadap dekomposisi atau proses pembusukan bahan-bahan organik sebagai satu-satunya sumber makanan.

Pada 1908 dan 1909, pengarang yang sama membagi zona mesosaprobik menjadi  $\alpha$  dan  $\beta$  mesosaprobik, dimana  $\alpha$  mesosaprobik merupakan tingkatan yang paling dekat dengan tingkatan Polisaprobik.

Trosap merupakan kombinasi dari kata Trophic dan saprobic. Trophic berasal dari kata Trophism, mencerminkan derajat produktifitas primer sebagai hasil bioaktivitas organisme perairan. Saprobik merupakan intensitas dekomposisi dari 'dead organis matter' bersama bioakumulasi atau biomagnifikasi jasad renik terhadap bahan pencemar. Tingkat Saprobik akan mencerminkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan dan akan dimanifestasikan oleh banyaknya jasad renik indikator pencemaran.

Trophik Saprobik (TROSAP) merupakan metode analisis struktur komunitas jasad renik untuk evaluasi kualitas air, terutama ditinjau dari derajat pencemaran dan tingkat kesuburan di dalam badan air. Sebagai alat penilai kelayakan budidaya, metoda ini tidak terlepas kaitannya dengan penilaian : sifat-sifat kultivan, fisika-kimia air, bioteknis budidaya dan parameter penunjang (Anggoro, 1995).

## 2.2. Organisme Perifiton

Perifiton atau *aufwuchs* (Suin, 1999) adalah organisme air yang tumbuh atau hidup pada permukaan benda yang berada dalam air seperti kayu, tumbuhan, batu dan lain sebagainya.

Organisme yang termasuk dalam perifiton diantaranya adalah protozoa, algae, bakteri benang dan mikroorganisme lain yang melekat. Dikemukakan pula bahwa algae yang melekat pada batu-batuan dan makrofita air merupakan makroskopis perifiton. Perifiton dikelompokkan menjadi :

- a. Epifiton (perifiton yang hidup menempel pada tumbuhan),
- b. Epizoon (perifiton yang hidup menempel pada hewan),
- c. Epiliton (perifiton yang hidup menempel pada batu),
- d. Epixilon (perifiton yang hidup pada tanaman yang mati)

Perifiton merupakan organisme yang dapat digunakan sebagai bio-indikator pencemaran air karena ada beberapa jenis perifiton yang sensitif dan toleran terhadap pencemaran bahan organik.

Lebih lanjut Wardoyo (1982) dalam Widowati (2004) menyatakan bahwa kesuburan perairan ditentukan oleh kemampuan perairan tersebut untuk menghasilkan bahan organik dan bahan anorganik. Salah satu caranya yaitu dengan mengukur kelimpahan plankton.

Perifiton merupakan salah satu bentuk plankton. Oleh karenanya perifiton dapat digunakan untuk mengetahui kualitas

perairan akibat pencemaran yang dinyatakan dalam Saprobik Indeks (SI) maupun Tropik Saprobik Indeks (TSI).

### **2.3. Benthos**

Benthos adalah organisme air yang hidup di dasar badan air. Benthos cukup besar peranannya dalam ekosistem perairan. Benthos menguraikan material organik yang jatuh ke dasar perairan. Benthos mentransfer energi dari produsen primer ke tingkat trofik berikutnya (Suin, 1999).

Makrozoobenthos adalah seluruh organisme yang mendiami dasar perairan, baik dangkal maupun dalam (Odum, 1971). Hewan ini memegang peranan penting dalam perairan, karena berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang memasuki perairan.

Bagi manusia, benthos yang secara langsung dapat dimanfaatkan adalah tiram, loka dan kerang mutiara. Komunitas benthos di perairan dangkal dapat digunakan sebagai alat utama untuk mengevaluasi pencemaran suatu lingkungan, karena kehidupan benthos sangat erat dengan dasar perairan. Keberadaan benthos dapat mencerminkan kondisi perairan tersebut (Supriharyono, 2004).

Lingkungan suatu perairan, baik biotik maupun abiotik sangat menentukan kelimpahan dan keanekaragaman organisme di perairan tersebut. Sehingga nilai kelimpahan dan keanekaragaman individu

dapat dipakai untuk menentukan kualitas perairan tersebut (Supriharyono, 2004). Perairan yang kualitasnya baik biasanya mempunyai nilai keanekaragaman yang tinggi dan jumlah individu yang rendah, begitu juga sebaliknya. Dengan dasar ini Shannon – Weaver dalam Supriharyono (2004) merumuskan indeks keanekaragaman.:

$$H' = - \sum_{t=1}^S P_i \cdot \ln P_i$$

Dimana :

$P_i$  =  $n_i/N$  (peluang species  $i$  dari total individu)

$s$  = jumlah species

$n_i$  = jumlah individu species ke- $i$

$N$  = Total individu

Berikut merupakan penggolongan kualitas air berdasar indeks keanekaragamannya (Tabel 2).

**Tabel 2. Beberapa Kriteria Kualitas Air Berdasar Indeks Keanekaragaman Jenis (Shannon Dan Weaver) Benthos**

No.	Indeks Keanekaragaman Jenis	Kualitas Air	Pustaka
1.	>3	Air bersih	Wilhm dan Dorris (1966)
	1 – 3	Setengah tercemar	
	<1	Tercemar berat	
2.	3,0 – 4,5	Pencemaran sangat ringan	STAUB et al (dalam Wilhm) (1975)
	2,0 – 3,0	Pencemaran ringan	
	1,0 – 2,0	Setengah tercemar	
	0,0 – 1,0	Tercemar berat	
3.	> 2	Tidak tercemar/pencemaran sangat ringan	Lee et al (1978)
	1,6 – 2,0	Pencemaran ringan	
	< 1,0	Tercemar berat	

Sumber : Supriharyono, 1978

Pengambilan contoh benthos di dalam badan air dapat dilakukan dengan berbagai macam alat, antara lain Eikman Grab, Peterson Grab, Jala Surber dan Bingkai Kuadrat.

Eikman Grab untuk mengambil benthos di badan air yang dasarnya berlumpur atau berpasir lunak. Peterson Grab untuk badan air yang dasarnya agak keras dan terdiri dari lempung, pasir dan batu. Ponar Grab digunakan untuk mengambil benthos di dasar yang dalam seperti danau. Prinsip kerja ketiganya sama, yaitu Grab dibenamkan ke dasar. Setelah sampai dasar, grab tersebut ditutup dan contoh substrat dapat terambil.

## **2.4. Parameter Kimia – Fisika Perairan**

### **2.4.1. Oksigen Terlarut**

Atmosfer di bumi mengandung oksigen sekitar 210 ml/liter. Oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut dalam perairan bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (altitude) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003).

Lebih lanjut dijelaskan pula bahwa, pada perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/L pada suhu 0°C

dan 8 mg/L pada suhu 25 °C. Di perairan laut berkisar antara 11 mg/L pada suhu 0 °C dan 7 mg/L pada suhu 25 °C.

Lee *et al* (1978) dan Schimtz (1971) dalam Supriharjono (1978) menggolongkan kualitas air berdasarkan kandungan oksigen terlarut (Tabel 3).

**Tabel 3. Penggolongan Kualitas Air Berdasarkan Kandungan Oksigen Terlarut**

(a)	<b>Golongan</b>	<b>Kandungan Oksigen Terlarut</b>	<b>Kualitas Air</b>
	<b>I</b>	≥ 8, atau pernah terjadi, walaupun dalam jangka waktu yang sangat pendek	Sangat baik
	<b>II</b>	± 6	Baik
	<b>III</b>	± 4	Kritis
	<b>IV</b>	2	Buruk
	<b>V</b>	< 2	Sangat Buruk

(b)	<b>Golongan</b>	<b>Kandungan Oksigen Terlarut</b>	<b>Kualitas Air</b>
	<b>I</b>	> 6,5	Tidak tercemar / tercemar sangat ringan
	<b>II</b>	4,5 – 6,5	Tercemar ringan
	<b>III</b>	2,0 – 4,4	Setengah tercemar / sedang
	<b>IV</b>	< 2,0	Tercemar berat

Sumber : Lee *et al* (1978) dalam Supriharyono (1978)

#### 2.4.2. Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD<sub>5</sub>)

*Biological Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam air untuk mendegradasi bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut (Wardhana, 2001).

Demikian juga dengan Suin (1999) berpendapat bahwa BOD<sub>5</sub> atau kebutuhan oksigen biologi suatu badan air adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh organisme yang terdapat



di dalamnya untuk bernafas selama 5 (lima) hari. Untuk itu maka perlu diukur kadar oksigen terlarut pada saat pengambilan contoh air ( $DO_0$  hari) dan kadar oksigen terlarut dalam contoh air yang telah disimpan selama 5 (lima) hari ( $DO_5$  hari). Selama dalam penyimpanan ini harus tidak ada penambahan oksigen melalui proses fotosintesis, dan selama 5 hari tersebut semua organisme yang berada dalam contoh air tersebut bernafas menggunakan oksigen yang ada dalam contoh air tersebut. Dengan demikian oksigen terlarut dalam air akan menurun jumlahnya. Karena dalam air ada juga fitoplankton yang berfotosintesis pada siang hari, maka air contoh harus disimpan dalam botol gelap agar tidak ada cahaya masuk ke dalam air sehingga tidak terjadi proses fotosintesis dan tidak ada penambahan oksigen baru.

Dapat juga dikatakan, bahwa  $BOD_5$  merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan kata lain  $BOD_5$  menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu  $20^\circ C$  selama 5 hari dalam keadaan tanpa cahaya (Byod dalam Effendi, 2003).

Apabila kandungan oksigen dalam air lingkungan menurun, maka kemampuan bakteri aerob untuk memecah bahan buangan

bahan organik akan menurun pula. Bahkan apabila oksigen terlarut sudah habis maka bakteri aerob akan mati semua. Dalam keadaan ini bakteri anaerob akan menggantikan peran bakteri aerob. Hasil daripada pemecahan bakteri anaerob memberikan kondisi, pada umumnya, berbau tidak enak. Hal ini disebabkan amon yang berasal dari Nitrogen berbau amis dan anyir. Dilain pihak  $H_2S$  yang terbentuk dan komponen fosfor berbau busuk.

Pada perairan alami, yang berperan sebagai sumber bahan organik adalah pembusukan tanaman. Perairan alami memiliki nilai  $BOD_5$  antara 0,5–7,0 mg/L (Jeffries dan Mills dalam Effendi, 2003). Perairan yang memiliki  $BOD_5$  lebih dari 10 mg/L dianggap telah mengalami pencemaran.

Dikemukakan pula dalam Effendi (2003), bahwa nilai  $BOD_5$  limbah industri, menurut UNESCO/WHO dapat mencapai 25.000 mg/L. Limbah industri makanan mencapai 500 – 4.000 mg/L, industri farmasi antara 400 – 10.000 mg/L dan industri kertas sekitar 1.500 – 25.000 mg/L.

Menurut Lee et al (1978) dalam Moerniati (2003), tingkat kualitas air dapat digolongkan berdasarkan nilai  $BOD_5$  (Tabel 4).

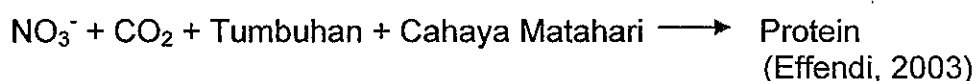
**Tabel 4. Penggolongan Kualitas Air Berdasar Nilai  $BOD_5$**

Kisaran Konsentrasi $BOD_5$ (mg/L)	Kriteria Kualitas Perairan
2,9	Tidak tercemar
3,0 – 4,9	Tercemar ringan
5,0 – 14,9	Setengah tercemar
15,0	Tercemar berat

### 2.4.3. Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan yang selanjutnya dikonversikan menjadi protein.

Proses konversi ini ditunjukkan dalam :



Batas terendah kandungan nitrogen untuk pertumbuhan optimum berkisar antara 0,3 – 0,9 mg N- $\text{NO}_3$ /L dan batas tertinggi berkisar antara 3,5 – 17 mg N- $\text{NO}_3$ / L (Chu dalam Supriharyono, 1978). Selanjutnya Chu membatasi kisaran N- $\text{NO}_3$  untuk pertumbuhan optimum fitoplankton adalah 0,9 – 3,5 mg/L.

Effendi (2003) mengatakan bahwa kadar nitrat lebih dari 5 mg/L menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (blooming).

Pada daerah yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1.000 mg/L. Kadar nitrat untuk air minum sebaiknya tidak lebih dari 10 mg/L (Davis dan Cornwell dalam Effendi, 2003).

#### 2.4.4. Fosfat

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas, melainkan dalam bentuk senyawa organik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat (Effendi, 2003)

Fosfor bersama dengan ion besi dan kalsium membentuk senyawa kompleks pada kondisi anaerob, bersifat tidak larut dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik.

Menurut Dugan dalam Effendi (2003), fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Fosfat merupakan salah satu unsur potensial dalam pembentukan protein dan metabolisme sel. Fosfor juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan algae akuatik serta mempengaruhi tingkat produktifitas perairan. Hal tersebut ditunjukkan oleh Jones dan Bachman pada tahun 1976, dengan adanya korelasi positif antara kadar fosfor total dan klorofil a, dengan persamaan :

$$\text{Log (klorofil a)} = -1,09 + 1,46 \log \text{Pt}$$

Dimana : Klorofil a = Konsentrasi klorofil a ( $\text{mg/m}^3$ )  
Pt = Fosfor total ( $\text{mg/m}^3$ )

Fosfor berperan dalam transfer energi sel, misalnya terdapat pada ATP (*Adenosin Triphosphat*) dan ADP (*Adenosin Diphosphate*).

Fosfor banyak digunakan sebagai pupuk, sabun atau detergen, bahan industri keramik, minyak pelumas, produk minuman dan makanan, katalis dan sebagainya.

Fosfat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimum algae berkisar antara 0,09 – 1,8 mg/L (Chu dalam Supriharyono, 1978). Batas terendah yang mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan 0,009 mg/L dan batas teratas yang dapat menghambat pertumbuhan adalah 45mg/L.

Kadar fosfor yang diperkenankan dalam air minum adalah 0,2 mg/L dalam bentuk fosfat ( $\text{PO}_4$ ). Kadar fosfor pada perairan alami berkisar antara 0,05 – 0,02 mg/L P- $\text{PO}_4$ , sedang air tanah biasanya sekitar 0,02 mg/L P- $\text{PO}_4$  (UNESCO dalam Effendi, 2003).

#### 2.4.5. pH

Derajat keasaman (pH) air adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion  $\text{H}^+$ . Sehingga, pH perairan adalah banyaknya ion  $\text{H}^+$  yang dikandung oleh suatu perairan (Brown dalam Rudiono, 2004).

Nilai pH air dinyatakan dalam skala berkisar 0 – 14. Nilai  $\text{pH} < 7$  merupakan asam. Nilai  $\text{pH} = 7$ , bersifat netral, dan nilai  $\text{pH} > 7$  bersifat alkalis atau basa.

Pada dasarnya asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam, baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan asam asetat), dan konsentrasi ion hidrogen. Menurut APHA (1976) dalam Effendi (2003), pada dasarnya asiditas menggambarkan kapasitas kuantitatif air untuk menetralkan basahingga pH tertentu, yang dikenal sebagai *base-neutralizing capacity* (BNC), sedangkan pH hanya menggambarkan konsentrasi ion hidrogen.

Secara alami pH perairan dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{CO}_2$  dan senyawa yang bersifat asam. Fitoplankton menggunakan  $\text{CO}_2$  pada siang hari untuk melakukan fotosintesa, sehingga pH perairan meningkat pada siang hari dan turun pada malam hari (Byod dalam Rudiono, 2004).

#### 2.4.6. Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai berat zat padat terlarut, jika zat padat telah dikeringkan sampai beratnya tetap pada  $480^\circ\text{C}$ , dan jumlah klorida dan bromida yang hilang diganti dengan klor yang ekivalen dengan berat kedua halida yang hilang. Secara singkat, salinitas adalah berat garam dalam gram per satu kilogram air laut (Romimohtarto et al, 2001).

Salinitas mempengaruhi penyebaran organisme baik secara horizontal maupun vertikal (Odum, 1971). Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan bahwa salinitas mempengaruhi penyebaran

plankton, benthos dan organisme perairan lainnya. Batas salinitas yang masih dapat ditolerir oleh hewan makrobenthos adalah 0 - 35‰.

#### 2.4.7. Suhu

Suhu atau temperatur merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme (Nybakken, 1988).

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan lain sebagainya. Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, selanjutnya meningkatkan konsumsi oksigen.

Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20 – 30°C. Lebih lanjut Supriharyono (2000) menyatakan kisaran suhu untuk hidup aktif organisme laut dan air payau adalah 0 – 35°C.

#### 2.4.8. Kecerahan

Kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan. Kekeruhan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk* yang dikembangkan oleh Profesor Secchi pada abad 19, yang berusaha menghitung tingkat kekeruhan secara kuantitatif. Tingkat kekeruhan

air tersebut dinyatakan dengan suatu nilai yang dikenal dengan kecerahan *secchi disk* (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003).

Kecerahan berkaitan dengan cahaya yang dapat masuk ke perairan tersebut. Bagi biota air, cahaya mempunyai pengaruh terbesar secara tidak langsung, yakni sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis tumbuh-tumbuhan yang menjadi tumpuan hidup, sebagai sumber makanan (Romimohtarto et al, 2004).

Kecerahan suatu perairan berkaitan dengan banyaknya partikel yang ada dalam air tersebut. Makin banyak partikel, makin kecil pula kecerahan perairan tersebut.

#### 2.4.9. Kecepatan Arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, densitas air laut dan rambatan pasang surut yang bergelombang panjang dari lautan terbuka (Nontji, 1987).

Menurut Russel (1970) dan Wolf (1973) dalam Supriharjono (1978), kecepatan arus ditentukan oleh tingkat kemiringan dasar perairan, walaupun hal ini dapat dipengaruhi juga oleh permukaan dasar perairan dan ukuran potongan lintang aliran tersebut.

Kecepatan kritis air menurut Nielson dalam Supriharyono (1978), adalah 50 cm/dtk. Diatas kecepatan ini dasar perairan terdiri dari partikel dengan diameter lebih besar dari 5 mm.



Sebaliknya, dibawah kecepatan tersebut, perairan terdiri dari patikel kurang dari 5 mm, oleh karenanya dasar perairan lunak dan berpasir.

## **2.5. Pencemaran Di Wilayah Pesisir Dan Lautan**

Tidak dapat dipungkiri bahwa peningkatan laju pertumbuhan penduduk maupun perekonomian (industrialisasi), telah banyak menggunakan sumberdaya alam yang pada akhirnya sangat berpotensi untuk merusak lingkungan disamping menimbulkan pencemaran akibat limbah hasil industrialisasi tersebut. Kondisi ini pada akhirnya akan menurunkan kualitas lingkungan hidup itu sendiri, sehingga pada gilirannya nanti akan menjadi ancaman besar terhadap lingkungan hidup, yang datangnya dari timbulnya limbah. Limbah merupakan salah satu hasil samping yang diakibatkan oleh kegiatan manusia.

Dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup, pemerintah Indonesia melalui UU No. 4/1992 diperbarui dengan UU No. 23/1997, mendefinisikan pencemaran lingkungan hidup sebagai peristiwa masuknya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan dan/atau berubahnya tatanan lingkungan oleh manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Supriharyono, 2000).

Dampak pencemaran air dapat mempengaruhi perubahan struktur dan fungsi ekosistem sungai, baik hewan maupun tumbuhan. Setiap species mempunyai batas toleransi terhadap suatu faktor yang ada di lingkungannya. Perbedaan batas toleransi antara dua jenis populasi terhadap faktor lingkungan mempengaruhi kemampuan berkompetisi. Spesies yang mempunyai toleransi terhadap suatu pencemaran akan meningkat populasinya karena spesies kompetisinya berkurang. Spesies yang dapat tahan hidup pada suatu lingkungan tercemar akan menderita stres fisiologis yang dapat digunakan sebagai indikator biologis.

Lebih lanjut Rokhmin (1996), menyatakan bahwa pencemaran pesisir didefinisikan sebagai dampak negatif terhadap kehidupan biota, sumberdaya dan kenyamanan ekosistem perairan serta kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem perairan yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah (termasuk energi) ke dalam perairan yang berasal dari kegiatan manusia. Sumber pencemaran perairan dapat dikelompokkan menjadi 7 kelas, yaitu : industri, sewage (limbah cair pemukiman), urban stormwater (limbah cair perkotaan), pertambangan, pelayaran (shipping), pertanian dan perikanan budidaya. Bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah dari ketujuh sumber tersebut berupa :

sedimen, unsur hara (nutrients), logam beracun (toxic metals), pestisida organisme exotic, organisme patogen, sampah (litter) dan oxygen depleting substances (bahan-bahan yang menyebabkan oxygen yang terlarut dalam air berkurang).

Dasar penentuan pencemaran perairan, memerlukan kriteria kuantitatif dari suatu indikator lingkungan, yaitu baku mutu untuk peruntukan air dan tata guna sumber air (Sutamiharja, 1978 dalam Moerniati, 2003). Untuk menjaga kondisi suatu kualitas air. Diperlukan baku mutu air. Menurut PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang harus ada atau tidak ada, dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air, Sedangkan baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan

Data tentang status pencemaran belum tersedia untuk setiap wilayah perairan Indonesia, akan tetapi dapat diperkirakan bahwa pencemaran sudah terjadi di perairan pesisir yang padat penduduknya, banyak kegiatan industri, atau pertanian intensif. Sampai saat ini hanya dampak berupa pencemaran minyak yang sudah dibuatkan implikasinya terhadap tingkat kerawanan ekosistem pesisir. dan dengan mengacu dari berbagai literatur

berhasil disusun tingkat kerawanan berbagai ekosistem pesisir utama terhadap tumpahan minyak.

## **2.6. Daerah Aliran Sungai Kaligarang**

Sungai Kaligarang bersumber di Gunung Ungaran, mempunyai 2 (dua) anak sungai utama, yaitu Kali Kripik dan Kali Kreo yang panjangnya masing-masing 12 km dan 10 km. Daerah tangkapan Kaligarang mencapai  $\pm 204 \text{ km}^2$  (Bappeda Semarang, 2000). Panjang sungai Kaligarang adalah 35 km, dengan debit air diperkirakan  $6,88 \text{ m}^3/\text{dtk}$  (Moerniati, 2003) (Rudiono, 2004).

Berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Tengah Nomor 660.1/28/1990, aliran sungai Kaligarang mulai dari hulu sungai sampai lokasi Pleretan – Bendungan Kelurahan Lemah Gempal Kecamatan Semarang Barat ditetapkan sebagai air golongan B, sedangkan air sungai Kaligarang mulai dari lokasi Pleretan sampai muara sungai Kaligarang yang dikenal dengan Banjir Kanal Barat, ditetapkan sebagai air golongan C.

Menurut kegunaannya, berdasar Keputusan Gubernur tersebut, air pada golongan B adalah air yang dapat digunakan sebagai air minum dan keperluan rumah tangga, sedangkan air golongan C adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan (PP No. 20 Tahun 1990 dalam Moerniati, 2003).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Materi Penelitian**

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, perifiton dan benthos.

**Bahan dan peralatan yang dipergunakan :**

**Bahan :**

- Hewan Makrobenthos
- Perifiton
- Alisarin Red S (konsentrasi 10 ppm)
- Formalin 4%
- $H_2SO_4$
- $MnCl_2$
- NaOH - KI

**Peralatan :**

a. Peralatan Sampling :

- Objek Glass yang disusun-silang untuk Perifiton
- Grab, pralon, saringan benthos bermata saring 1,00 x 1,00 mm
- Botol sampel ukuran 1 liter untuk Kandungan Nitrat– Fosfat
- Botol DO
- Botol BOD<sub>5</sub>
- Sechi-disc
- Refrakto-salinometer

- Gayung, Ember, cetok
- Spidol tahan air, kertas label

b. Peralatan Laboratorium :

- Mikroskop
- Obyek glass
- Cover glass
- Sedwigh Rafter Counting Chamber
- Gelas Ukur
- Pipet besar, sedang dan kecil
- Wadah sampel
- Kertas Tissue/ kain penyerap air.

### 3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode studi kasus (*Case Study*), yaitu suatu metode pengamatan yang merupakan studi pendalaman terhadap suatu kasus, tempat dan waktu tertentu yang hasilnya tidak dapat diterapkan pada kasus lain (Hadi, 1982).

### 3.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan pada DAS Kaligarang serta sungai-sungai pembentuk DAS Kaligarang sampai muara dari DAS Kaligarang. Hal tersebut dengan pemikiran, DAS Kaligarang merupakan sungai besar yang melintasi kota Semarang. Selain sebagai sungai Prokasih (Program Kali Bersih) yang dicanangkan Pemerintah Kota

Semarang (Moerniati, 2003), DAS Kaligarang juga merupakan sumber bahan baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Semarang

### 3.4. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian merupakan DAS (daerah aliran sungai) Kaligarang, yang merupakan sungai besar yang mengalir di kota Semarang. DAS Kaligarang sebagai sungai besar yang melintasi Semarang dimanfaatkan oleh penduduk sekitar dalam aktifitas sehari-harinya, seperti kegiatan rumah tangga dan pertanian. Selain itu banyak pula industri skala besar memanfaatkannya (Moerniati, 2003).

Penelitian juga dilakukan pada pertemuan 2 (dua) sungai pembentuk aliran DAS Kaligarang, yaitu Kali Kripik dan Kali Kreo. Selain aliran sungai tersebut, juga dilakukan penelitian terhadap muara sungai tersebut, tepatnya di Pantai Marina.

Pada muara sungai ini pengambilan sampel dilakukan pada saat pasang dan pada saat surut.

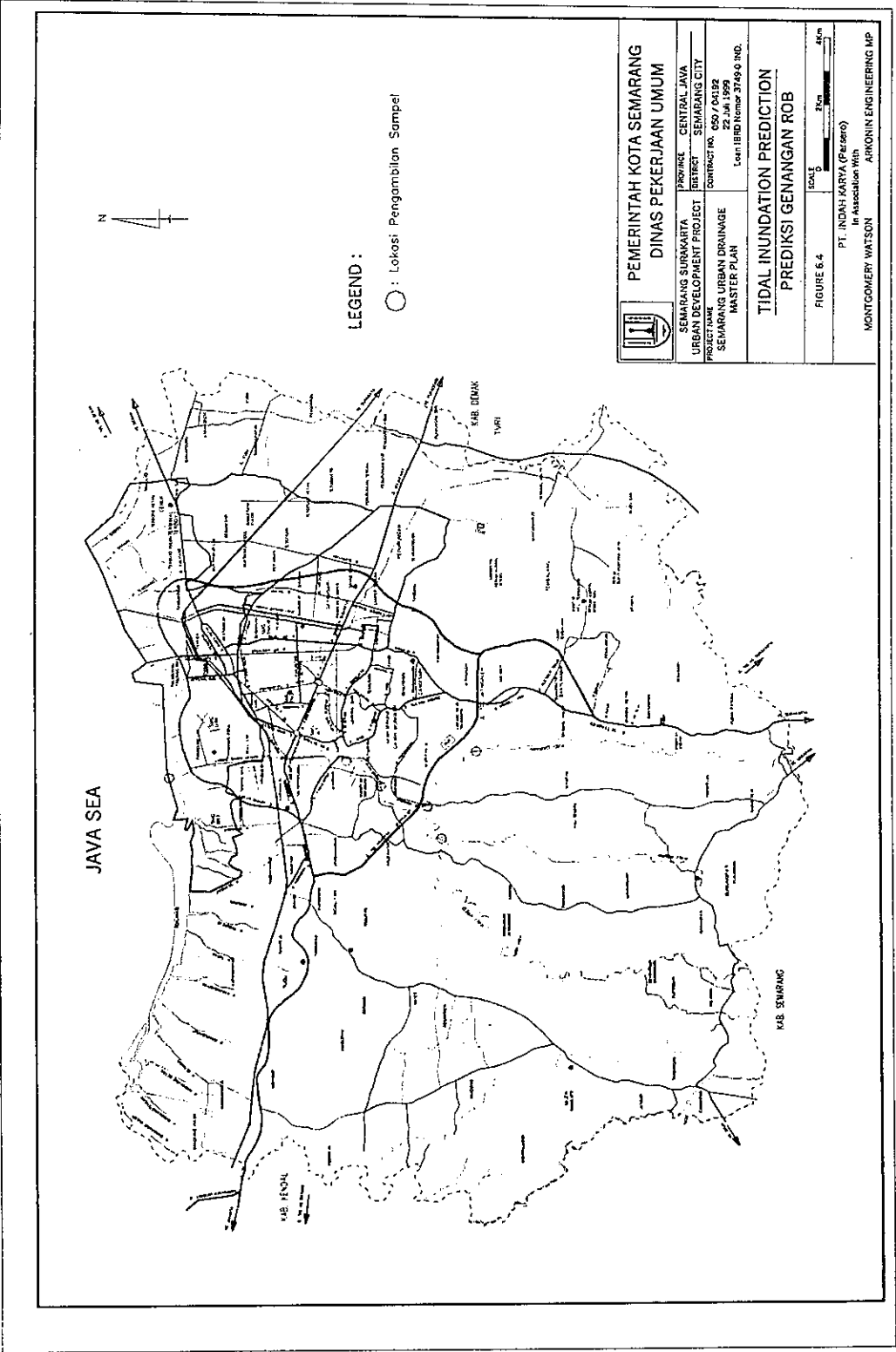
Letak stasiun pengamatan dapat dilihat pada Ilustrasi 2.

Penelitian ini dilaksanakan pada 6 stasiun di DAS Kaligarang – Semarang, yaitu :

- Pada aliran Kaligarang Hulu, tepatnya di daerah Tinjomoyo. Aktifitas penduduk sekitar yang dilalui aliran sungai adalah pertanian.

- Pada aliran setelah pertemuan aliran Kali Kripik dan Kali Kreo, tepatnya di sebelah utara Greenwood Estate. Sampel pada aliran ini diambil untuk mengetahui kualitas air dari badan air yang nantinya akan jadi pemasok dari aliran DAS Kaligarang, selain aliran dari Kaligarang bagian hulu.
- Pada titik pertemuan aliran Kali Kripik – Kreo dengan Kaligarang, tepatnya di Tugu Suharto, untuk mengetahui kualitas air dari DAS Kaligarang yang telah bercampur dengan aliran Kali Kripik dan Kali Kreo. Diduga aliran ini mengalami beban pencemaran dari kawasan perumahan.
- Pada aliran Kali Garang, tepatnya di pintu masuk aliran penyuplai PDAM, daerah Kelud. Sampel diambil untuk mengetahui kualitas air yang nantinya digunakan sebagai bahan baku PDAM Semarang.
- Pada aliran Bendung Simongan, karena pada aliran ini ada aliran dari Kali Garang yang menuju ke sungai kecil yang dimanfaatkan penduduk,
- Pada muara Kaligarang. Tepatnya di Pantai Marina. Pada titik ini, sampel diambil 2 (dua) kali, pada saat pasang dan pada saat surut.





Ilustrasi 2. Letak Stasiun Pengamatan dalam Peta Kota Semarang

Sebelum pengamatan dilakukan, 2 (dua) minggu sebelum pengamatan pertama diletakkan pada masing-masing stasiun 6 (enam) set objek glass susun silang yang gunanya sebagai perangkat perifiton. Selanjutnya setiap pengamatan diambil 2 set objek glass dari masing-masing stasiun untuk diamati kelimpahan dan jenis perifiton.

Pengambilan Sampel dilaksanakan 3 kali setiap 14 hari pada tiap stasiun, pada 3 September 2004, 16 September dan 2 Oktober 2004.

Pengukuran parameter fisika perairan (kedalaman, kecerahan, suhu, salinitas dan kecepatan arus) dilakukan langsung di lapangan.

Pengukuran kandungan nitrat, fosfat, pH, BOD<sub>5</sub> dan DO dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Semarang.

### **3.5. Variabel Penelitian**

Variabel yang diamati adalah variabel yang berkaitan langsung dengan tingkat saprobitas, antara lain :

- Parameter Biologi Perairan :
  - Jenis dan kelimpahan Perifiton dan benthos
- Parameter Fisika - Kimia Perairan
  - Kedalaman perairan
  - Kecerahan
  - Kecepatan arus
  - Suhu air

- Salinitas
- pH
- BOD<sub>5</sub> (Kebutuhan Oksigen secara Biologis)
- DO (Oksigen Terlarut)
- Kandungan Phosphat
- Kandungan Nitrat

Hasil uji parameter penunjang yang diambil, nantinya akan dibandingkan dengan Baku Mutu yang disyaratkan oleh pemerintah untuk pengendalian pencemaran, sehingga dapat memberikan gambaran tentang kualitas air dari DAS Kaligarang ini.

### 3.6. Jenis dan Sumber Data

- Data Primer

Data primer diperoleh untuk parameter biologi perairan : kelimpahan benthos dan perifiton. Demikian juga dengan parameter fisika kimia perairan dilakukan pengujian nilai BOD<sub>5</sub>, DO, kecerahan, kandungan phosphat ( $\text{PO}_4^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), suhu air, pH dan salinitas.

- Data Sekunder

Disamping data primer juga dikumpulkan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait, seperti Bappedal, Perpustakaan Fakultas Perikanan, Pasca Sarjana, literatur yang ada dan dari penelitian sebelumnya.

### **3.7. Teknis Pengambilan Sampel**

#### **3.7.1. Teknis Pengambilan Sampel Perifiton**

Sebanyak 6 set obyek glas diletakkan pada titik pengambilan sampel, pada hari pertama, dengan posisi terendam tetapi tidak terbenam dalam badan air tersebut. Pada hari ke-15, 2 (dua) set diambil untuk diamati di laboratorium. Demikian seterusnya, setiap 14 (empat-belas) hari, masing-masing diambil 2 set obyek glas untuk diamati kelimpahannya.

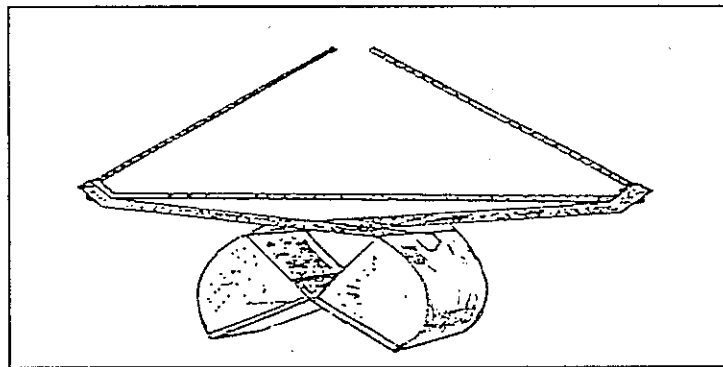
Obyek glas selanjutnya dibuka. Lapisan perifiton yang menempel dikerok hati-hati dengan silet, di masukkan dalam wadah berisi 200ml campuran larutan aquadest dan formalin (perbandingan 9:1).

Analisa dengan menghomogenkan larutan tersebut yang kemudian diambil dengan menggunakan pipet 1 ml. Pengamatan jenis dan kelimpahan masing-masing sampel dilakukan 3 kali. Masing-masing perifiton yang didapat dari masing-masing pemipetan kemudian dijumlah, sehingga nantinya digunakan sebagai dasar penghitungan TSI (tropik Saprobit Indeks) maupun Keanekaragaman perifiton dari masing-masing stasiun.

Identifikasi menggunakan Yamaji (1984) dan De Pauw dalam Rivera (1978).

### 3.7.2. Teknis Pengambilan Sampel Benthos

Pengambilan sampel Benthos dilakukan dengan menggunakan *Metode Grab Sampler*. Pada daerah yang kedalamannya kurang dari 50 cm dapat dilakukan dengan menggunakan pralon. Pada kedalaman lebih dari 50 cm digunakan grab.



**Ilustrasi 3. Van ven Grab (Sidharta, 2000)**

Setelah sampel dipisahkan dari substrat (lumpur) dengan menggunakan saringan bermata saring 1,0 x 1,0 mm, sampel ditetesi Alisarin Red S 10 mg/L beberapa tetes, baru benthos diawetkan dengan formalin 4% dalam botol yang nantinya diidentifikasi di laboratorium.

### 3.8. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat sebagian kecil anggota populasi / sampel. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan sifat populasi secara kontitatif dan dapat dipakai

untuk pengambilan kesimpulan secara umum (generalisasi) bagi populasi dan lingkungan (Suwignyo dalam Tajudin, 1998).

Penilaian menggunakan rumus penghitungan sebagai berikut:

▪ **Indek Trophik-Saprobik**

$$TSI = \frac{1(nC) + 3(nD) + 1(nB) - 3(nA)}{1(nA) + 1(nB) + 1(nC) + 1(nD)} \times \frac{nA + nB + nC + nD + nE}{nA + nB + nC + nD}$$

Dimana :

- TSI = Tropic Saprobic Index
- n = Jumlah individu organisme pada setiap kelompok saprobitas
- nA = Jumlah individu penyusun kelompok Poli-saprobik
- nB = Jumlah individu penyusun kelompok  $\alpha$ -Mesosaprobik
- nC = Jumlah individu penyusun kelompok  $\beta$ -Mesosaprobik
- nD = Jumlah individu penyusun kelompok Oligosaprobik
- nE = Jumlah individu penyusun selain A, B, C dan D

▪ **Indeks Keanekaragaman Species (H')**

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln p_i$$

Dimana :

- Pi = ni/N (peluang species i dari total individu)
- s = jumlah species
- ni = jumlah individu species ke-i
- N = Total individu

▪ **Keseragaman (E)**

$$E' = \frac{H'}{H' \text{ maks}}$$

Dimana :

$H'$  = Indeks Keanekaragaman

$H'$  Maks =  $\ln S$

$S$  = Jumlah jenis spesies

### 3.9. Teknik Analisa Data

Analisa data dilakukan secara statistik diskriptif. Data perifiton dianalisa dengan menggunakan TSI (Tropik Saprobik Indeks) dan indeks keanekaragaman ( $H'$ ). Data Benthos dianalisa dalam indeks keanekaragaman ( $H'$ ) dan indeks keseragaman ( $E$ ).

Semua data, baik TSI, Keanekaragaman Perifiton, Keanekaragaman dan keseragaman benthos beserta parameter fisika kimia perairan dianalisa dengan menggunakan uji Korelasi dengan program SPSS 10.01 untuk diketahui hubungan parameter fisika kimia perairan dengan keberadaan perifiton dan benthos.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Kota Semarang membentang antara  $06^{\circ} 50'$  -  $07^{\circ} 10'$  LS dan  $109^{\circ} 5'$  -  $110^{\circ} 50'$  BT. Sungai/Kaligarang yang melintasi kota Semarang merupakan sungai besar yang menampung hampir seluruh kegiatan manusia pada daerah alirannya. Sebagai gambaran, hampir 52% (Bappedal Provinsi Jawa Tengah, 2002) pemanfaatan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang merupakan industri dan perumahan.

DAS Kaligarang dimulai dari Perbukitan Gunung Talang sampai Bendung Simongan yang didominasi oleh satuan perbukitan Candi dengan karakteristik endapan sedimen darat yang terlipat lemah pada kala plioleptosin. Kondisi geologi pada Kaligarang dibentuk oleh endapan sedimen darat (formasi damar yang terlipat lemah batu pasir tufaan dan tufa pasir). Konglomerat dan breksi, yang umumnya telah melapuk menengah sampai tinggi. Daerah ini dibentuk oleh jajaran puncak perbukitan Gunung Gombel yang memanjang dengan lereng landai, yang diperkirakan bagian yang naik terdiri dari sesar normal di bagian timur Kaligarang dan dibatasi oleh lereng terjal yang miring ke utara.

Satuan daratan aluvial dan limbah banjir terdapat di sekitar aliran Kaligarang selanjutnya kearah utara Sungai Banjir Kanal Barat, dan membentang di bagian tengah kota Semarang dan sekitar Sungai



Banjir Kanal Timur. Satuan ini dibentuk oleh endapan pasir lempungan, lempung pasir dan lempung lanauan yang bersifat meluluskan air agak tinggi untuk untuk lapisan pasir lempungan dan lebih rendah untuk lapisan lempung. Disamping itu terdapat lapisan lempung organik yang bersifat kompresif dan rekatif yang dapat menurunkan daya dukung tanah, terdapat di dekat muara.

Tanah sedimen yang terdapat di sepanjang bantaran Sungai Banjir Kanal Barat mengandung unsur hara yang cukup banyak dengan nilai plastisitas sangat tinggi sehingga tanah tersebut cukup aktif dan mudah kembang susut. Tanah ini tidak baik untuk bahan timbunan, dan sangat baik untuk digunakan sebagai lahan pertanian, taman dan sejenisnya (PPLH Lemlit UNDIP, 1999).

Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Sungai Kaligarang – Banjir Kanal Barat mempunyai luas keseluruhan 204 km<sup>2</sup>, yang terdiri dari 3 sub DPS, yaitu anak sungai Kreo, Kripik dan Garang. DPS Kaligarang – Banjir Kanal Barat merupakan DPS type radial, dengan 3 anak sungai utama tersebut bertemu di daerah Tugu Suharto dan mengalir ke arah hilir (Laut Jawa) melalui Banjir Kanal Barat. Kondisi morfologi pertemuan DPS bagian hulu merupakan daerah perbukitan dengan kelereng lahan 3 – 45%, sedangkan bagian hilir merupakan daerah relatif datar. Dengan kondisi tersebut, debit banjir datang sangat cepat atau waktu tiba banjir rendah dan cukup besar.

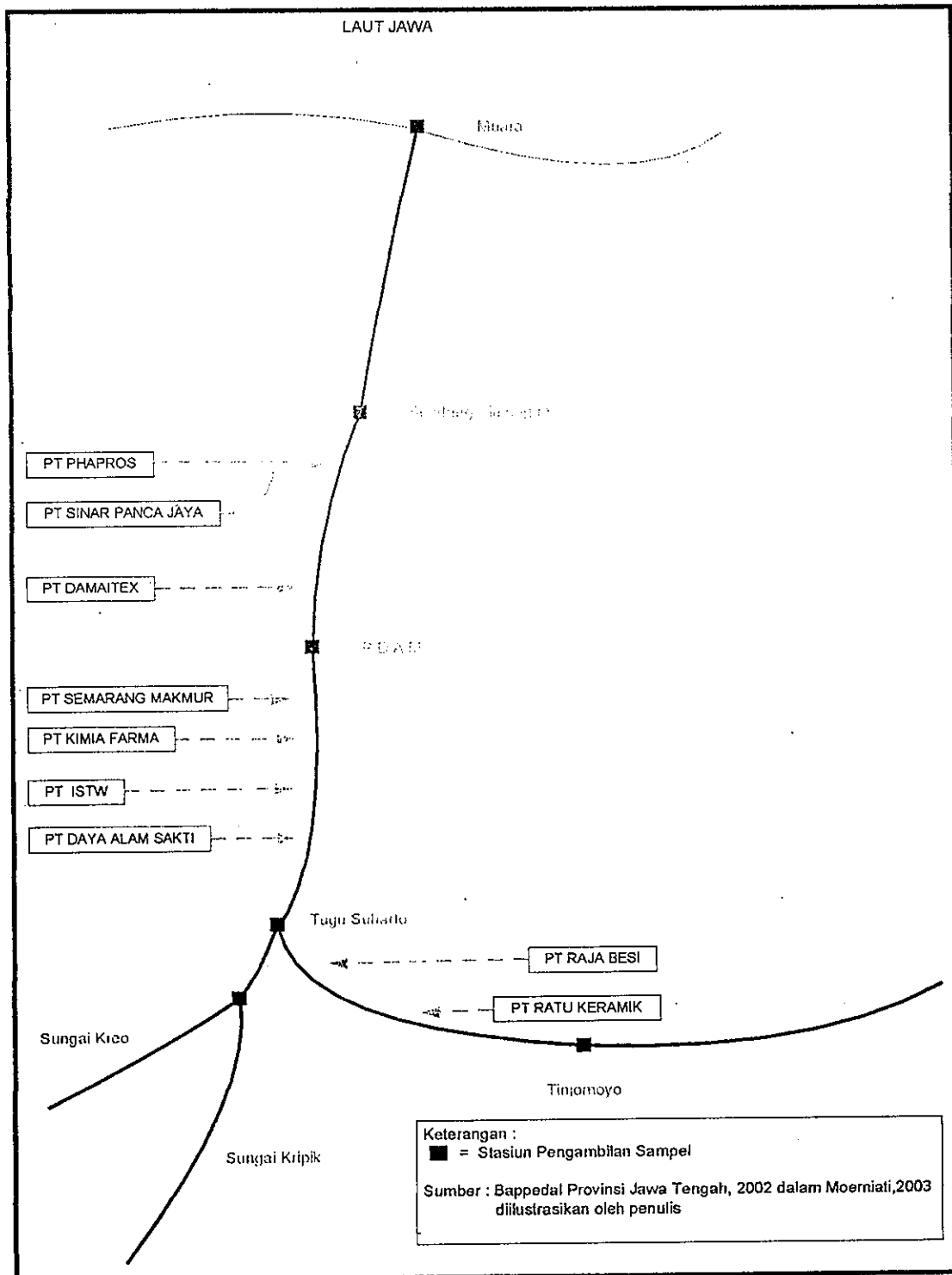
Kawasan perumahan merupakan penyumbang sampah padat terbesar dalam aliran sungai tersebut. Hal ini diketahui dengan banyaknya sampah rumah tangga di aliran tersebut.

Berikut adalah letak stasiun pengamatan yang berada dalam DAS Kaligarang.

**Tabel 5. Letak Stasiun Pengamatan**

Stasiun	Lintang Selatan	Bujur Timur
Tinjomoyo	07° 01' 40.2"	110° 24' 08.0"
Kripik – Kreo	07° 01' 22.8"	110° 22' 43.5"
Tugu Suharto	07° 01' 01.7"	110° 23' 16.0"
PDAM	07° 00' 06.7"	110° 23' 57.7"
Bendung Simongan	06° 59' 36.5"	110° 24' 07.3"
Muara	06° 56' 53.3"	110° 23' 37.9"

**Ilustrasi 4. Lokasi Pengambilan Sampel dan Skema Industri yang Memanfaatkan DAS Kaligarang**



Berikut adalah kondisi parameter perairan selama penelitian.

**Tabel 6. Kondisi Rata-rata Parameter Perairan DAS Kaligarang selama Penelitian**

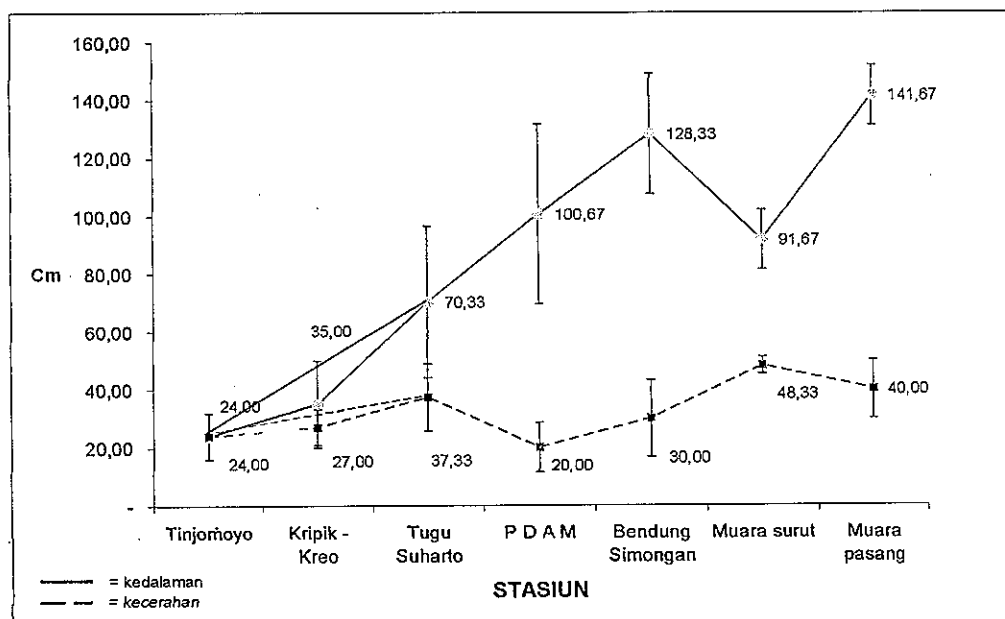
Parameter	Stasiun						Kriteria	
	Tinjo- moyo	Kripik - Kreo	Tugu Suharto	PDAM	Bendung Simongan	Muara		
						Surut		Pasang
Fisika								
1. Kedalaman (cm)	24,00	35,00	70,33	100,67	128,33	91,67	141,67	
2. Kecerahan (cm)	24,00	27,00	37,33	20,00	30,00	48,33	40,00	
3. Kec. Arus (m/dt)	0,43	0,42	0,36	0,20	0,14	0,72	2,19	
4. Suhu (°C)	28,33	29,67	29,67	30,00	29,00	29,33	27,33	PP No. 82 / 2001
	Alami							
5. Salinitas (‰)	0	0	0	0	0	29,33	33,00	Hutabarat (1985)
	0 – 35							
6. Substrat	Pasir	Batuan	lumpur	lumpur	lumpur	pasir		
Kimia								
1. pH	7,45	7,90	7,37	7,15	7,04	7,47	7,43	Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tgl. 14 Desember 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
	6 – 9							
2. DO (mg/L)	12,64	12,90	8,06	7,98	6,06	8,77	7,49	
	> 4				> 3			
3. BOD <sub>5</sub> (mg/L)	8,61*	7,72*	10,32*	7,70*	19,82*	45,29*	60,03*	
	< 3				< 6			
4. Nitrat (mg/L)	1,71	0,61	1,57	1,32	1,27	0,43	0,38	Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi (2003)
	< 10 **							
5. Fosfat (mg/L)	0,30*	0,46*	0,37*	0,36*	0,45	0,27	0,32	Unesco/WHO/UNEO (1992) dalam Effendi (2003)
	< 0,2 **							
Keterangan : * = melebihi Baku Mutu Air ** = Peruntukan Air Minum								
Biologi								
1. TSI Perifiton	2,03*	1,50*	0,72**	-0,99***	-0,20***	1,45**		Anggoro (1995)
2. H' Perifiton	2,56*	1,97**	2,02*	2,42*	2,29*	1,90**		Lee et al (1978) dalam Supriharyono (1978)
3. H' Benthos	1,84**	2,03*	1,74**	1,89**	1,71**	2,09*		
4. E Benthos	0,93 <sup>(a)</sup>	0,90 <sup>(a)</sup>	0,89 <sup>(a)</sup>	0,91 <sup>(a)</sup>	0,88 <sup>(a)</sup>	0,95 <sup>(a)</sup>		Daget (1976) dalam Dahuri (1993)
Keterangan : * = Pencemaran ringan ** = Pencemaran sedang *** = Pencemaran berat (a) ≥ 0,75 = Stabil								
Sumber : Data Primer								

Sumber : Data Primer

## 4.2. Parameter Fisika Perairan

### 4.2.1. Kedalaman dan Kecerahan

Parameter fisika perairan kedalaman dan kecerahan tiap stasiun tersaji dalam Ilustrasi 5.



**Ilustrasi 5. Kedalaman dan Kecerahan Rata-rata Tiap Stasiun (beserta Standar Deviasi Tiap Stasiun)**

Kedalaman rata-rata antara 24 – 141,67 cm. Kecerahan rata-rata antara 24 – 48,33 cm. Kecerahan terendah terdapat pada stasiun PDAM. Menurut pengamatan saat penelitian ini, pada daerah PDAM tersebut banyak terdapat sampah rumah tangga dan plastik serta warna perairan hitam. Sedimentasi juga terjadi amat tinggi. Dibuktikan dengan mudahnya terjadi kekeruhan apabila sungai tersebut mendapat perlakuan. Sedimentasi tinggi ini juga ditemui dalam objek gelas yang digunakan sebagai kolektor perifiton, dimana didalamnya

banyak terdapat sedimen. Substrat dasar berupa lumpur, berbau menyengat dan berwarna hitam pekat.

Kecerahan tertinggi terjadi pada muara surut. Hal ini dikarenakan aliran air relatif tenang, hempasan ombak kecil dan substrat dasar adalah pasir.

Berikut (Tabel 7) adalah pemanfaatan lahan di DAS Kaligarang, dimana kegiatan didalamnya diduga berdampak pada kondisi parameter kualitas air.

**Tabel 7. Pemanfaatan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kaligarang**

No.	Segmen Sungai	Pemanfaatan	Keterangan
1.	Hulu s.d. Bendung Simongan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hutan</li> <li>- Penambangan Gol. C</li> <li>- Water Intake PDAM</li> <li>- Industri</li> <li>- Perumahan, dll</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasir dan Batu</li> <li>- Debit 214,4lt/dtk</li> <li>- PT Ratu Keramik</li> <li>- PT ISTW</li> <li>- PT Alam Daya Sakti</li> <li>- PT Kimia Farma</li> <li>- PT Semarang Makmur</li> <li>- Padat Huni</li> </ul>
2.	Bendung simongan s.d. Muara	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Industri</li> <li>- Pertanian</li> <li>- Pariwisata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kawasan Padat Huni</li> <li>- PT Damaitecx</li> <li>- PT Sinar Panca Jaya</li> <li>- PT Phapros</li> <li>- Palawija</li> <li>- Dayung, Pantai Marina</li> </ul>

Sumber : Bappedal Provinsi Jawa Tengah, 2002 dalam Moerniati, 2003

Kecerahan perairan berperan penting dalam produktifitas primer perairan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Brown (1987), cahaya merupakan faktor yang penting karena berdampak secara langsung terhadap distribusi dan jumlah organisme khususnya plankton pada badan air.

Koesbiono (1979) juga mengemukakan bahwa kecerahan sering dihubungkan dengan sejauhmana sinar matahari dapat menembus kedalam suatu perairan, sehingga makin sedikit cahaya yang masuk akan menurunkan aktifitas fotosintesa fitoplankton dan alga benthik yang berakibat menurunnya produksifitas perairan.

Pada daerah pertemuan Kali Kripik dan Kali Kreo sungai relatif bersih dari sampah dengan aktifitas yang terlihat adalah MCK dan penambangan pasir. Pada daerah ini terlihat juga adanya perumahan Greenwood Estate, yang memberikan pemandangan kontras dengan penduduk di sekitar sungai yang terlihat masih tradisional.

Pada daerah Tugu Suharto, perairan lebih tenang daripada Kripik – Kreo, dimana aktifitas yang menonjol adalah MCK dan penambangan pasir pada badan sungai. Pada kanan kiri daerah Tugu Suharto terlihat juga aktifitas pertanian.

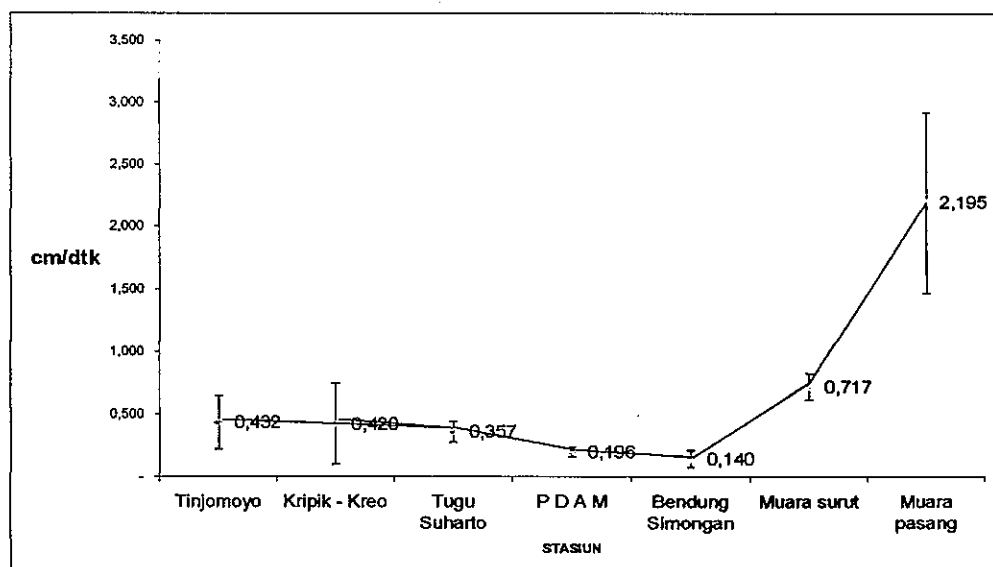
Pada daerah Bendung Simongan, aktifitas yang menonjol adalah MCK, sampah relatif tidak ada, dan sebagian bendungan tersebut digunakan untuk rekreasi masyarakat sekitar seperti mandi dan memancing. Terlebih pada saat pengamatan, awal mulai hujan sehingga banyak penduduk sekitar yang menyalurkan hobi memancingnya.

Pada Muara, dilakukan pengamatan 2 kali, yaitu pada saat surut dan pasang. Aktifitas yang menonjol di daerah ini adalah wisata dan disekitarnya merupakan tambak. Amat disayangkan masih rendahnya

kesadaran wisatawan untuk menjaga daerah tersebut, yaitu dengan seenaknya membuang sampah plastik bekas bekal makanannya di sembarang tempat, padahal di daerah tersebut telah disediakan tempat sampah.

#### 4.2.2. Kecepatan Arus

Kecepatan arus tertinggi terjadi pada Muara Pasang, yaitu rata-rata 2,19 m/dtk. Hal ini dikarenakan adanya gelombang dari arah laut. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Nybakken (1988), arus di perairan terutama di estuaria disebabkan oleh pasang surut dan aliran sungai. Seperti terjadi di Muara, pada saat pasang terjadi arus yang besar. Hal ini dimungkinkan adanya tiupan angin dan gelombang dari arah laut.



**Ilustrasi 6. Kecepatan Arus Rata-rata Tiap Stasiun (beserta Standar Deviasi Tiap Stasiun)**

Kecepatan terendah terjadi pada daerah Bendung Simongan.

Mungkin hal ini terjadi karena pada saat itu merupakan puncak dari



musim kemarau sehingga volume air tidak memenuhi bendungan tersebut, sehingga air masih tertampung didalamnya. Keadaan air yang relatif tenang tersebut banyak dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk menyalurkan hobi memancingnya.

Nontji (1987) juga mengemukakan bahwa arus merupakan gerakan aliran suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan densitas air laut dan rambatan pasang surut yang panjang dari lautan terbuka.

#### 4.2.3. Suhu

Suhu rata-rata perairan DAS Kaligarang pada saat pengamatan berkisar antara 27,33 – 30 °C. Kisaran ini relatif sama dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya, yaitu berkisar antara 27,5 – 30,5 °C. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 8 dan Ilustrasi 7.

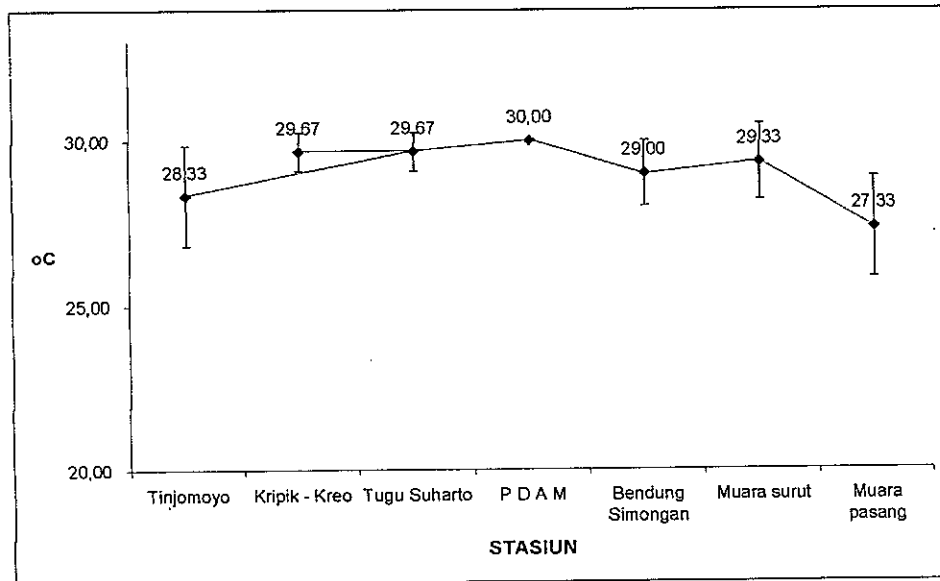
**Tabel 8. Suhu Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	Pengamatan			PP No. 82 Tahun 2001
		1990*	September 2002*	September 2004***	
1.	Tinjomoyo	29,50 °C	27,5 °C	28,33 °C	Normal
2.	Kripik - Kreo			29,67 °C	
3.	Tugu Suharto	29,00 °C	28,6 °C	29,67 °C	
4.	PDAM			30,00 °C	
5.	Bd. Simongan	29,00 °C	30,5 °C	29,00 °C	
6.	Muara	Surut Pasang	28,89 °C **	29,33 °C	
				27,33 °C	

Keterangan :

- \* = Bapedalda (2002) dalam Moerniati (2003)
- \*\* = Rudiono (2004)
- \*\*\* = Data Primer

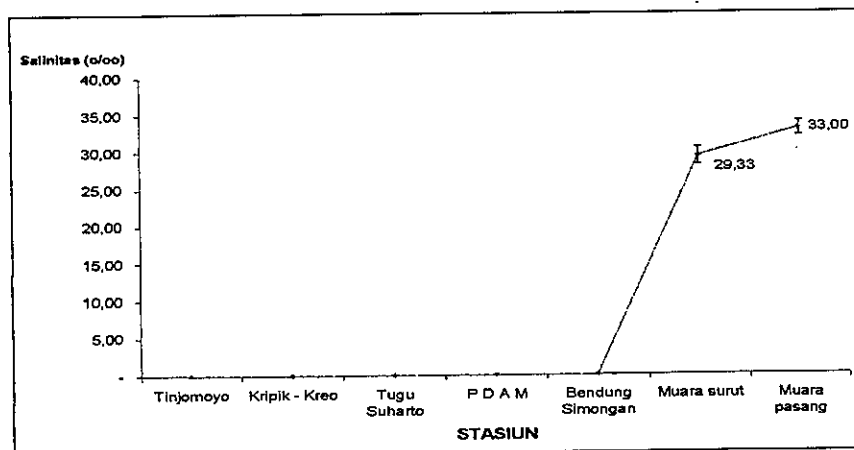
Berdasarkan kisaran suhu tersebut, maka suhu perairan DAS Kaligarang sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, yaitu suhu perairan masih dalam kisaran suhu alami.



**Ilustrasi 7. Suhu Rata-rata Tiap Stasiun**  
(beserta Standar Deviasi Tiap Stasiun)

#### 4.2.4. Salinitas

Selain Muara, salinitas perairan DAS Kaligarang 0 ‰, karena merupakan perairan tawar.



**Ilustrasi 8. Salinitas Rata-rata Tiap Stasiun**  
(beserta Standar Deviasi Tiap Stasiun)

Salinitas rata-rata pada muara pasang adalah 33 ‰ dan pada muara surut adalah 29 ‰. Hal ini dimungkinkan karena pada saat pasang banyak disuplai oleh air laut yang kadar garamnya tinggi. Sedang pada saat surut, suplai air sungai menyebabkan salinitas rendah. Adanya dominasi air sungai inilah yang menyebabkan salinitas pada saat surut, rendah.

Berikut adalah salinitas perairan DAS Kaligarang (Tabel 9).

**Tabel 9. Salinitas Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi		Pengamatan	
			Juli 2004*	September 2004**
1.	Muara	Surut	28,72 ‰ *	29,33 ‰
		Pasang		33,00 ‰

Keterangan :

- \* = Rudiono (2004)
- \*\* = Data Primer

Kisaran salinitas pada saat surut maupun pasang di daerah ini masih masuk dalam ambang yang mendukung kehidupan biota laut, yaitu antara 25 – 38,8 ‰ (Dawson (1966) dalam Rudiono (2004)).

### 4.3. Kondisi Parameter Kimia Perairan

#### 4.3.1. Derajat Keasaman (pH)

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Effendi, 2003).

Berikut adalah nilai pH DAS Kaligarang selama pengamatan dan dari penelitian sebelumnya.

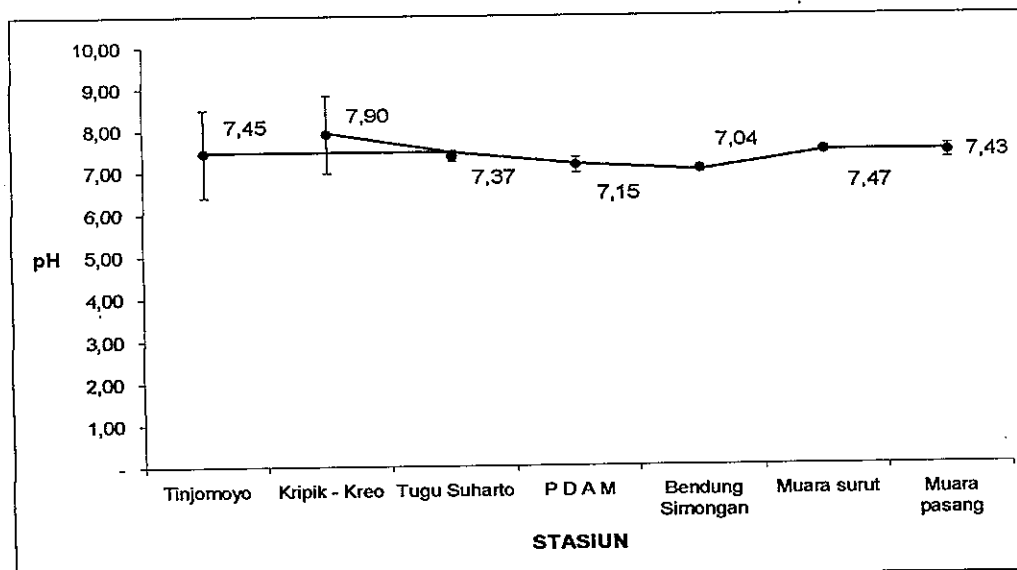
**Tabel 10. Nilai pH Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	Pengamatan			Kriteria PP No. 82 Tahun 2001
		1990*	September 2002*	September 2004***	
1.	Tinjomoyo	8,5	6,54	7,45	6 - 9
2.	Kripik - Kreo			7,90	
3.	Tugu Suharto	8,4	7,89	7,37	
4.	PDAM			7,15	
5.	Bd. Simongan	8,4	8,06	7,04	
6.	Muara Surut Pasang		7,19 **	7,47	
				7,43	

Keterangan :

- \* = Bapedalda (2002) dalam Moerniati (2003)
- \*\* = Rudiono (Juli 2003)
- \*\*\* = Data Primer

Dalam Ilustrasi 9 berikut ini merupakan nilai pH rata-rata tiap stasiun selama pengamatan pada DAS Kaligarang.



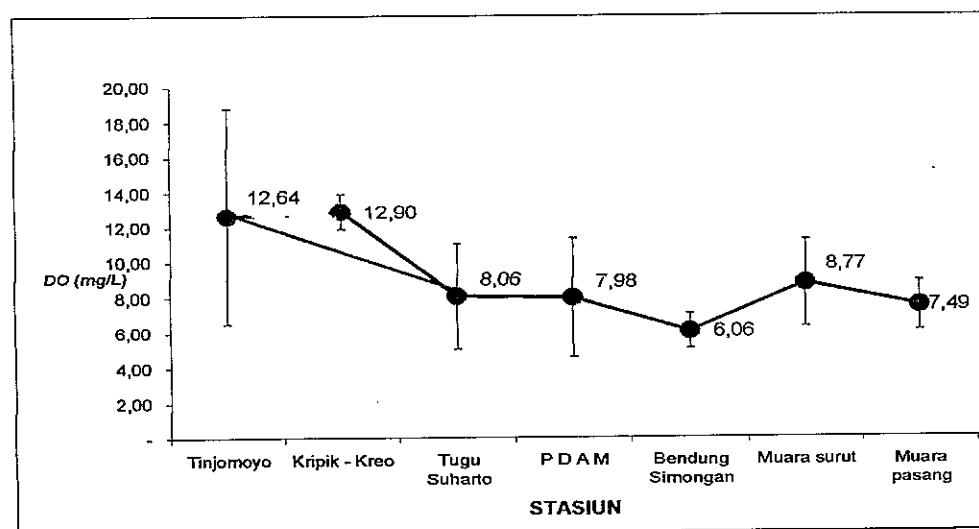
**Ilustrasi 9. Derajat Keasaman (pH) Rata-rata Tiap Stasiun (beserta Standar Deviasi Tiap stasiun)**

Nilai pH rata-rata selama pengamatan adalah antara 7,04 - 7,9.

Berdasar nilai pH yang diperoleh selama pengamatan (data primer) maupun penelitian sebelumnya, maka dapat dikemukakan bahwa nilai pH DAS Kaligarang tersebut masih berada dalam kisaran Baku Mutu Air PP No. 82 Tahun 2001, yaitu 6 – 9.

#### 4.3.2. Oksigen Terlarut (DO)

Kandungan oksigen terlarut dalam perairan DAS Kaligarang selama pengamatan berkisar antara 5,16 s.d 12,9 mg/L.



Illustrasi 10. Kandungan Oksigen Terlarut (DO) Rata-rata Tiap Stasiun (beserta Standar Deviasi Tiap stasiun)

Berdasar pengamatan dan penelitian sebelumnya (Tabel 11), kisaran oksigen terlarut DAS Kaligarang di beberapa lokasi pengamatan masih dalam kriteria mutu air PP No. 82 Tahun 2001, yaitu >4 mg/L untuk air golongan B dan >3 mg/L untuk air golongan C.

**Tabel 11. Kandungan Oksigen Terlarut Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	Pengamatan (mg/L)			Kriteria  PP No. 82 Tahun 2001
		1990*	September 2002*	September 2004***	
1.	Tinjomoyo	8,81	5,287	12,64	> 4 mg/L
2.	Kripik - Kreo			12,9	
3.	Tugu Suharto	9,67	2,580 <sup>(1)</sup>	8,06	
4.	PDAM			7,98	
5.	Bd. Simongan	4,88	2,001 <sup>(1)</sup>	6,06	> 3 mg/L
6.	Muara	Surut Pasang	3,833**	8,77	
				7,49	

Keterangan :

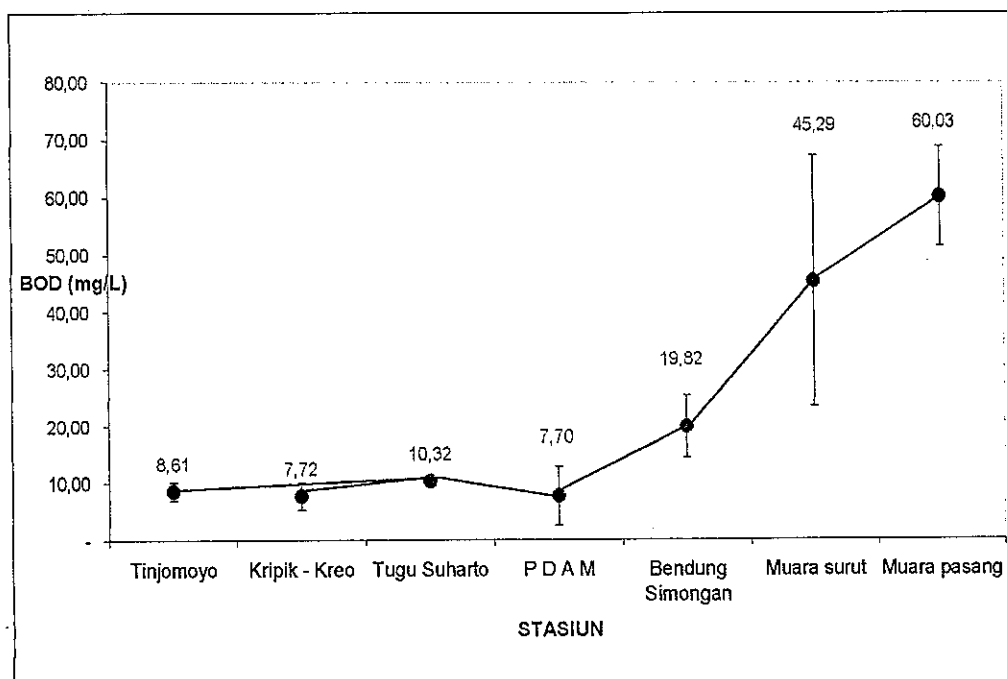
- \* = Bapedalda (2002) dalam Moerniati (2003)
- \*\* = Rudiono (Juli 2003)
- \*\*\* = Data Primer
- <sup>(1)</sup> = Tidak memenuhi kriteria Baku Mutu Air

Keadaan perairan dengan kadar oksigen terlarut yang sangat rendah (<4 mg/L) berbahaya bagi hampir semua organisme akuatik, bahkan pada kadar oksigen terlarut <2 mg/L dapat mengakibatkan kematian. Hal ini dikarenakan makin rendah kadar oksigen terlarut, makin tinggi daya racun (toksisitas) seng (Zn), tembaga (Co) dan timbal, sianida, hidrogen sulfida dan amonia.

Pada tabel diatas terlihat bahwa kandungan oksigen terlarut dalam perairan ini makin rendah dari hulu ke hilir. Hal tersebut menunjukkan kualitas air mengalami penurunan dari hulu ke hilir. Adanya kandungan oksigen yang tinggi di Tinjomoyo diduga karena adanya pengadukan dan aliran yang deras sehingga nilai oksigen terlarutnya tinggi.

#### 4.3.3. Kebutuhan Oksigen Biokimiawi ( $BOD_5$ )

Kandungan  $BOD_5$  rata-rata selama penelitian berada pada kisaran 7,70 s.d 60,03 mg/L (Ilustrasi 11).



**Ilustrasi 11. Kandungan  $BOD_5^{20}$  Rata-rata Tiap Stasiun (beserta Standar Deviasi Tiap stasiun)**

Pada perairan alami yang berperan sebagai sumber bahan organik adalah pembusukan tanaman (Effendi, 2003). Dari DAS Kaligarang ini, kemungkinan limbah rumah tangga, seperti daun-daunan dan sisa makanan (sampah organik) berperan dalam meningkatkan nilai  $BOD_5$  perairan tersebut.

Berikut, Tabel 12, menyajikan nilai  $BOD_5$  DAS Kaligarang dari waktu ke waktu, dari data primer maupun penelitian sebelumnya.

**Tabel 12. BOD<sub>5</sub> Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	Pengamatan (mg/L)			Kriteria
		1990*	September 2002*	September 2004**	
1.	Tinjomoyo	1,9192	6,998	8,61	BMA Golongan B < 3,00
2.	Kripik-Kreo			7,72	
3.	Tugu Suharto	6,7026	7,004	10,32	
4.	PDAM			7,70	
5.	Bd. Simongan	6,4052	7,940	19,82	BMA Golongan C < 6,00
6.	Muara				
	Surut			45,29	
	pasang			60,03	

Keterangan :

- \* = Bapedalda (2002) dalam Moerniati (2003)
- \*\* = Data primer

Dari tabel diatas terlihat bahwa BOD<sub>5</sub> semua stasiun melebihi baku mutu yang disarankan. Bahkan terlihat terjadi peningkatan dari daerah hulu ke daerah hilir. Hal ini menunjukkan bahwa beban cemaran meningkat sehingga kualitas air menurun dari daerah hulu ke daerah hilir. Demikian juga nilai BOD<sub>5</sub> dari waktu ke waktu makin meningkat sehingga dapat dikatakan bahwa terjadi peningkatan pencemaran oleh bahan organik dari waktu ke waktu.

#### 4.3.4. Nitrat

Kandungan Nitrat rata-rata di setiap stasiun perairan Kaligarang antara 0,38 – 1,71 mg/L (Tabel 13 dan Ilustrasi 12)

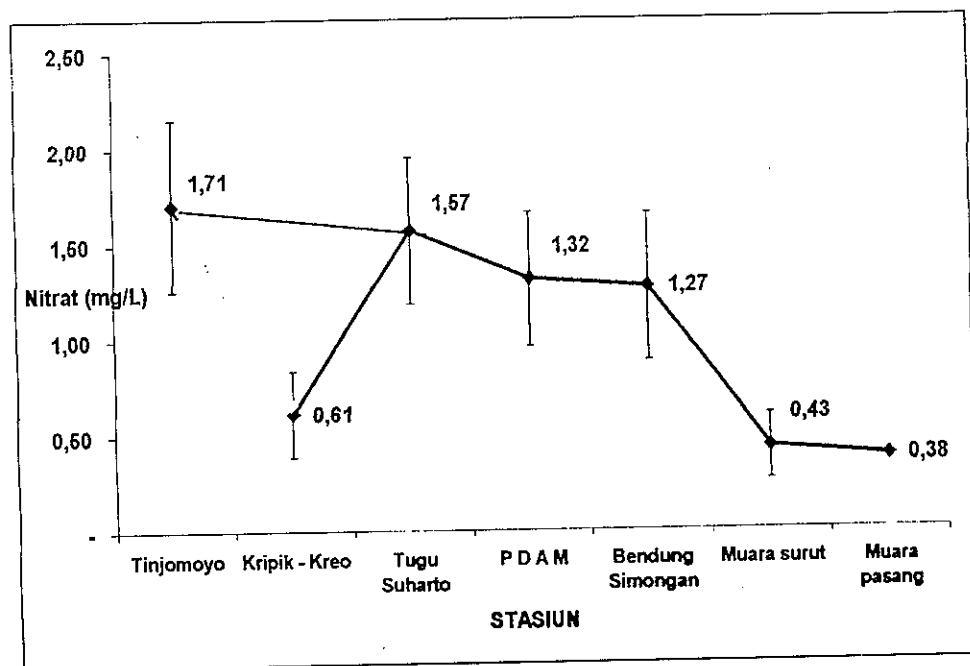
**Tabel 13. Kandungan Nitrat Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	Kandungan Nitrat (mg/L)	Kriteria
1.	Tinjomoyo	1,71	Untuk keperluan air minum, tidak melebihi 10 mg/L (Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi (2003))
2.	Kripik-Kreo	0,61	
3.	Tugu Suharto	1,57	
4.	PDAM	1,32	
5.	Bd. Simongan	1,27	
6.	Muara		
	Surut	0,43	
	pasang	0,38	

- Keterangan : Data Primer



Kandungan nitrat tertinggi terdapat pada stasiun Tinjomoyo. Hal tersebut berkaitan dengan aktifitas utama di daerah tersebut adalah pertanian. Seperti yang diungkapkan oleh Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi (2003), daerah yang mendapat limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat bahkan dapat mencapai 1.000 mg/L. Dikemukakan pula, bahwa kadar nitrat untuk air minum sebaiknya tidak lebih dari 10 mg/L



**Ilustrasi 12. Kandungan Nitrat Rata-rata Tiap Stasiun**  
(beserta standar deviasi)

Kadar nitrat lebih dari 5 mg/L menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan tinja hewan.

Kandungan nitrat pada stasiun Kripik – Kreo rendah dibandingkan pada stasiun Tinjomoyo dan Tugu Suharto. Hal ini dikarenakan aliran Kripik – Kreo ini belum banyak dimanfaatkan untuk

industri dan pertanian. Aliran yang menuju kearah ini melewati hutan Kreo dan tegalan yang belum intensif pengelolaannya sehingga tidak banyak pupuk anorganik maupun pupuk organik yang digunakan.

Melihat kandungan nitrat pada masing-masing stasiun, setiap stasiun berpotensi mengalami blooming alga pada waktu-waktu tertentu. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Davis dan Cornwell dalam Effendi, (2003), bahwa kadar nitrat lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya memacu pertumbuhan algae dan pertumbuhan air lainnya secara pesat (blooming).

Melihat nilai kandungan nitrat rata-rata di semua stasiun, menunjukkan bahwa kandungan nitrat di perairan DAS Kaligarang masih berada di bawah kandungan maksimum yang diperbolehkan dalam air minum.

#### 4.3.5. Fosfat

Kandungan Fosfat rata-rata di semua stasiun perairan ini antara 0,27 – 0,46 mg/L (Tabel 14 dan Ilustrasi 13).

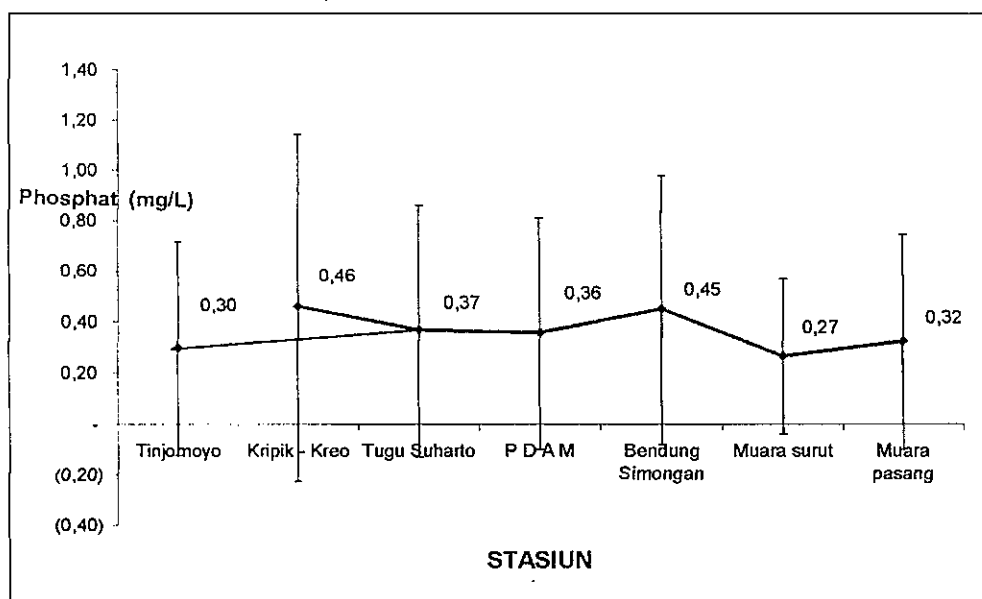
**Tabel 14. Kandungan Fosfat Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi		Kandungan Fosfat (mg/L)	Kriteria
1.	Tinjomoyo		0,30*	Untuk keperluan air minum, kadar fosfor yang diperkenankan < 0,02 mg/L (UNESCO/WHO/UNEP (1991) dalam Effendi (2003))
2.	Kripik-Kreo		0,46*	
3.	Tugu Suharto		0,37*	
4.	PDAM		0,36*	
5.	Bd. Simongan		0,45*	
6.	Muara	Surut	0,27*	
		Pasang	0,32*	

Sumber : Data Primer (2004)

Keterangan : \* = melebihi kadar fosfor yang diperkenankan UNESCO

Kandungan fosfat tertinggi terdapat pada Stasiun Kripik – Kreo, yaitu 0,46 mg/L. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Byod (1988) dalam Effendi (2003), bahwa kadar fosfor total dalam perairan alami jarang melebihi 1 mg/L. Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen menstimulir ledakan alga (blooming alga). Selanjut, alga yang melimpah ini membentuk lapisan menutupi perairan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya dan oksigen, sehingga merugikan bagi ekosistem perairan.



**Ilustrasi 13. Kandungan Fosfat Rata- rata Tiap Stasiun**  
(beserta standar deviasi masing-masing stasiun)

Pada daerah Muara Surut kandungan fosfat paling rendah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Koesbiono (1979) dalam Rudiono (2004), bahwa sungai akan membawa nutrisi yang kemudian terakumulasi di muara sungai sebelum jauh menyebar ke laut.

Kadar fosfor maksimum yang diperkenankan dalam air minum adalah 0,2 mg/L dalam bentuk fosfat (UNESCO/WHO/UNEP (1992) dalam Effendi (2003)).

Dari kisaran fosfat perairan DAS Kaligarang ini menunjukkan bahwa kandungan fosfat yang terdapat di perairan DAS Kaligarang melebihi batas yang diperkenankan air untuk keperluan air minum.

#### 4. 4. Kondisi Parameter Biologi

##### 4.4.1. Perifiton

Perifiton adalah organisme yang tumbuh pada batu, batang, makrofita air dan permukaan benda lainnya. Perifiton ini bermanfaat untuk mengetahui akibat dari polusi pada danau, air mengalir dan estuaria (APHA, 1992). Termasuk didalamnya adalah bakteri zooglea dan bakteri berfilamen, protozoa yang menempel, rotifer dan algae dan mikroorganisma yang berenang bebas, menjalar, atau menetap sementara dari bentuk menjalar.

Tidak seperti plankton, yang tidak selalu merespon penuh perubahan polusi di sungai untuk jarak tertentu, perifiton memperlihatkan reaksi cepat terhadap kondisi air yang terpolusi. Sebagai contoh, hamparan *Sphaerotilus* dan organisme peka lainnya umumnya menurun pada daerah yang terkena sampah organik. Karena kelimpahan dan komposisi perifiton dapat memberikan gambaran mengenai kualitas air pada titik tersebut, maka pengamatan

dari kondisi umum tersebut dapat digunakan sebagai evaluasi kondisi badan air.

#### 4.4.1.1. Nilai TSI

Saprobik Indeks (SI) mencerminkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan dan ditunjukkan dengan banyaknya jasad renik indikator pencemaran (Anggoro (1995)).

**Tabel 15. Kriteria Nilai Tropik Saprobik Indeks (TSI) dan Keanekaragaman ( $H'$ ) untuk Menilai Kelayakan Perairan**

Nilai Parameter		Tingkat Saprobitas	Indikasi
Nilai TSI	$H'$		
-3,00 s.d. -2,00	< 1,00	Polisaprobik	• Pencemaran berat
-2,00 s.d. 0,50	1,00 s.d. 1,50	$\alpha$ -Mesosaprobik	• Pencemaran sedang sampai berat
0,50 s.d. 1,50	1,50 s.d. 2,00	$\beta$ -Mesosaprobik	• Pencemaran sedang sampai ringan
$\geq 1,50$	> 2,00	Oligosaprobik	• Pencemaran ringan atau belum tercemar

Sumber : KLH (1995)

TSI merupakan analisa yang bertumpu pada evaluasi terhadap parameter penyubur. Semua organisme yang ditemukan dalam sampel air dihitung dan dikelompokkan dalam 5 kelompok (A, B, C, D dan E) yang masing-masing kelompok merupakan komunitas dari organisme sejenis. Kelompok A merupakan organisme yang dapat hidup di perairan yang paling buruk (Polisaprobik). Kelompok D merupakan organisme indikator perairan bersih (Oligosaprobik). Kelompok E, merupakan organisme yang tidak termasuk dalam kelompok-kelompok sebelumnya.

Setelah penghitungan kelompok dengan menggunakan rumus, selanjutnya adalah pembacaan tabel nilai TSI untuk menentukan tingkat saprobitas perairan tersebut.

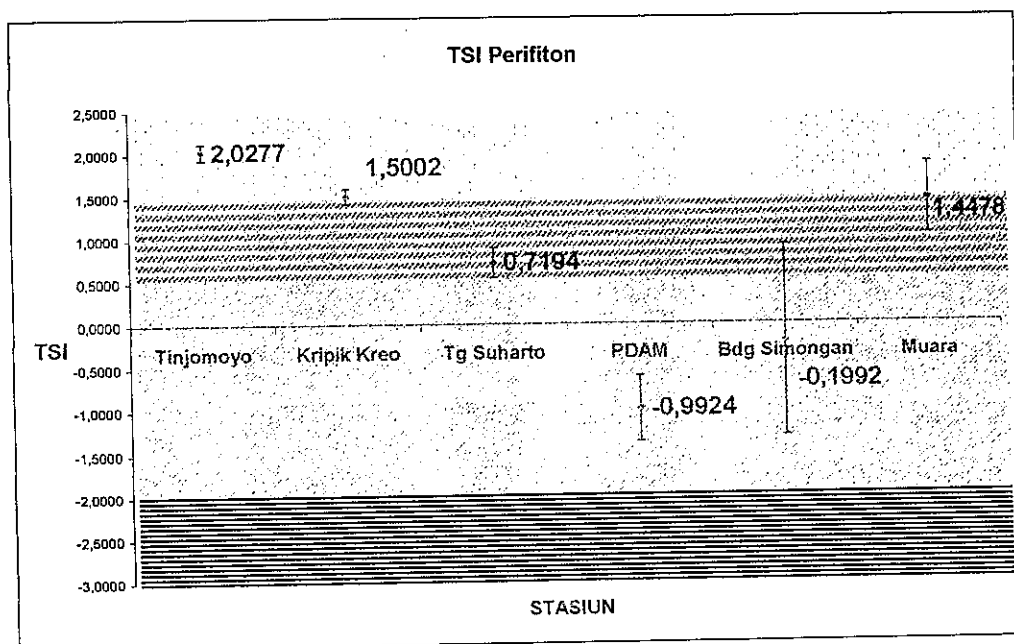
Berdasar nilai TSI, stasiun Tinjomoyo dan Kripik-Kreo masuk dalam katagori tercemar ringan atau belum tercemar (Oligosaprobik). Pada daerah ini aktifitas utama masyarakat adalah pertanian tradisional. Hal tersebut terlihat dari masih banyaknya digunakan kerbau untuk membajak sawah. Daerah kanan-kiri hulu Kaligarang ini banyak berupa tanah tegalan yang pengerjaannya bersifat tradisional, ditanami ketela pohon.

Berikut, Tabel 16 dan Ilustrasi 14, adalah nilai TSI Perifiton rata-rata tiap stasiun.

**Tabel 16. Nilai TSI Rata-rata Tiap Stasiun**

No.	Lokasi	Nilai TSI	Kriteria KLH (1995)
1.	Tinjomoyo	2,0277	Oligosaprobik
2.	Kripik-Kreo	1,5002	Oligosaprobik
3.	Tugu Suharto	0,7194	$\beta$ - Mesosaprobik
4.	PDAM	-0,9924	$\alpha$ -Mesosaprobik
5.	Bendung Simongan	-0,1992	$\alpha$ -Mesosaprobik
6.	Muara	1,4478	$\beta$ - Mesosaprobik

Sumber : Data Primer (2004)



**Ilustrasi 14. Nilai TSI Rata-rata Tiap Stasiun**

Nilai TSI Pada Muara lebih baik dari nilai TSI PDAM maupun Bendung Simongan dan Tugu Suharto, hal tersebut dimungkinkan karena pada daerah tersebut sudah terdapat campuran dari air laut, sehingga beban cemaran sudah mulai turun. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Kolkwitz dan Marsson dalam Pauw (1978) serta dalam Dahuri (1993), dalam konsep 'Pulih diri secara biologik', dimana makin jauh dari sumber pencemar, perairan tersebut kadar pencemarannya berangsur-angsur makin rendah.

Kondisi tercemar sedang sampai berat terjadi pada stasiun PDAM (-0,9924) dan Bendung Simongan (-0,1992). Hal tersebut dimungkinkan karena banyaknya industri dan rumah tangga yang memanfaatkan DAS Kaligarang. Secara visual terlihat air sungai hitam pekat dengan sampah yang memenuhi badan sungai.

#### 4.4.1.2. Keanekaragaman Perifiton

Keanekaragaman Perifiton perairan DAS Kaligarang berkisar antara 1,9657 – 2,5566 (Tabel 17 dan Ilustrasi 15).

Tabel 17. Nilai Keanekaragaman Perifiton Rata-rata Perairan DAS Kaligarang

No.	Lokasi	H' Perifiton	Kriteria KLH (1995)
1.	Tinjomoyo	2,5566	Oligosaprobik
2.	Kripik-Kreo	1,9657	$\beta$ - Mesosaprobik
3.	Tugu Suharto	2,0222	Oligosaprobik
4.	PDAM	2,4157	Oligosaprobik
5.	Bendung Simongan	2,2936	Oligosaprobik
6.	Muara	1,9041	$\beta$ - Mesosaprobik

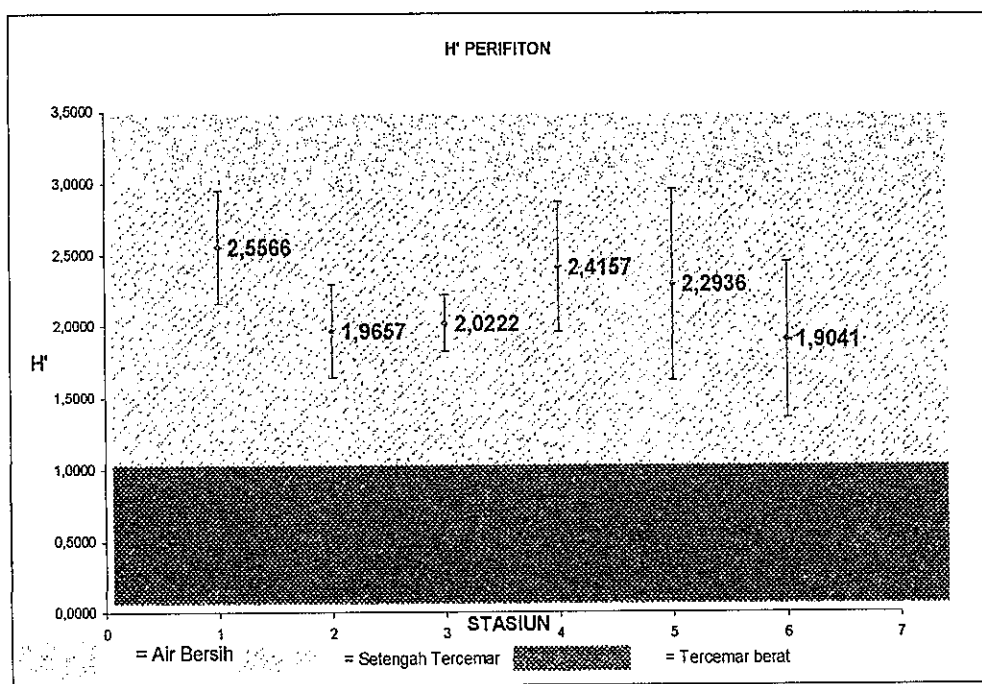
Sumber : Data Primer (2004)

Nilai H' (keanekaragaman) Perifiton terendah pada stasiun Muara (1,9041). Nilai tertinggi pada stasiun Tinjomoyo (2,5566). Nilai H'  $\geq 2,00$  menandakan bahwa lingkungan tersebut merupakan tempat yang layak untuk hidup organisme tersebut dengan adanya sebaran yang merata dari jumlah individu tiap jenis.

Menurut Wilhm dan Dorris (1966) dalam Supriharyono (1978), perairan dengan indeks keanekaragaman 1 – 3 mengindikasikan bahwa perairan tersebut setengah tercemar. Hal ini menandakan bahwa perairan DAS Kaligarang ini, baik dari Tinjomoyo, Kripik-Kreo, sampai Muara sudah mengalami pencemaran.

Sedang menurut Wilhm (1971) dalam Kartikadewi (2004) dan Supriharyono (1978), jika indeks keanekaragaman antara 1 – 3, maka keadaan ekosistem tersebut masih produktif dengan didukung oleh parameter fisika kimia yang ada.





Berdasar Wilhm dan Dorris (1966) dalam Supriharyono (1978)

**Illustrasi 15. Keanekaragaman ( $H'$ ) Perifiton**

#### 4.4.2. Benthos

##### 4.4.2.1. Keanekaragaman Benthos

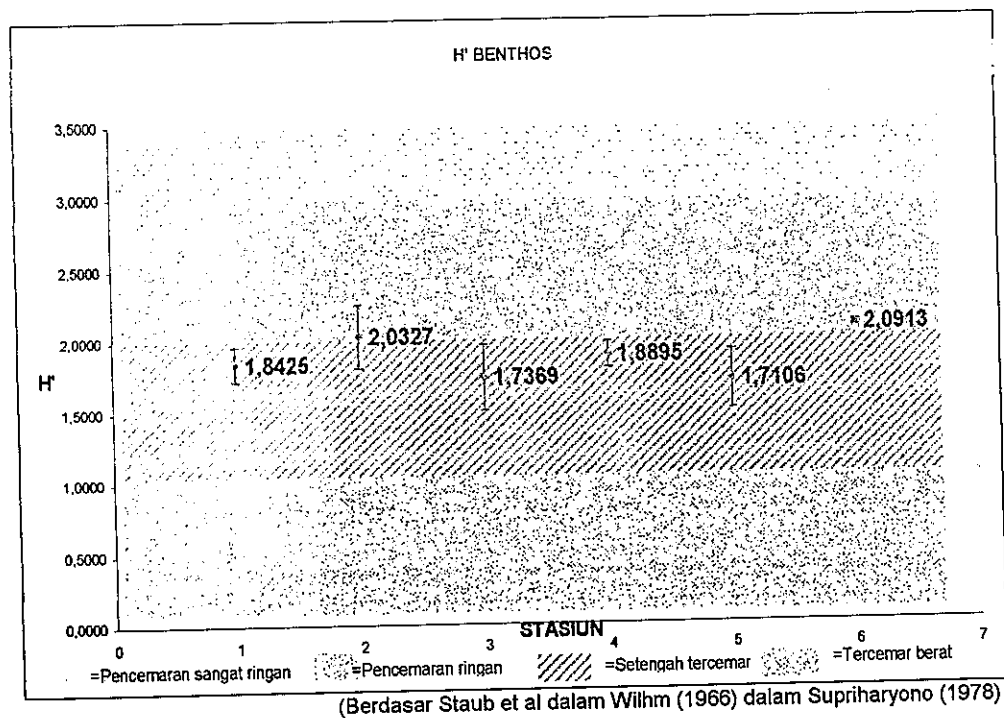
Keanekaragaman ( $H'$ ) Benthos di DAS Kaligarang ini berkisar antara 1,7106 - 2,0913 (Tabel 18 dan Illustrasi 16).

**Tabel 18. Nilai  $H'$  (Keanekaragaman) Benthos Rata-rata Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	$H'$ Benthos	Kriteria KLH (1995)
1.	Tinjomoyo	1,8425	$\beta$ - Mesosaprobik
2.	Kripik-Kreo	2,0327	Oligosaprobik
3.	Tugu Suharto	1,7368	$\beta$ - Mesosaprobik
4.	PDAM	1,8895	$\beta$ - Mesosaprobik
5.	Bendung Simongan	1,7106	$\beta$ - Mesosaprobik
6.	Muara	2,0913	Oligosaprobik

Sumber : Data Primer (2004)

Berdasarkan Staub et al dalam Wilhm (1966) dalam Supriharyono (1978), perairan DAS Kaligarang mengalami pencemaran ringan ( $H'=2,0-3,0$ ) dan setengah tercemar ( $H'=1,0-2,0$ ). Daerah yang mengalami pencemaran ringan adalah Kripik – Kreo (2,0327) dan Muara (2,0913). Daerah yang mengalami setengah tercemar adalah, berturut-turut adalah PDAM (1,8895), Tinjomoyo (1,8425), Tugu Suharto (1,7369) dan Bendung Simongan (1,7106).



**Ilustrasi 16. Keanekaragaman Benthos**

Berdasar nilai keanekaragaman benthos, maka diperoleh gambaran bahwa pada perairan DAS Kaligarang telah mengalami pencemaran.

#### 4.4.2.2. Keseragaman Benthos

Pada semua stasiun, nilai keseragaman ( $E$ )  $\geq 0,75$  (Tabel 19 dan Ilustrasi 17). Hal ini menunjukkan bahwa komunitas benthos dalam perairan sungai Kaligarang ini dalam keadaan stabil. Hal tersebut berdasar pada pengelompokan Daget (1976) dalam Dahuri (1993), dimana :

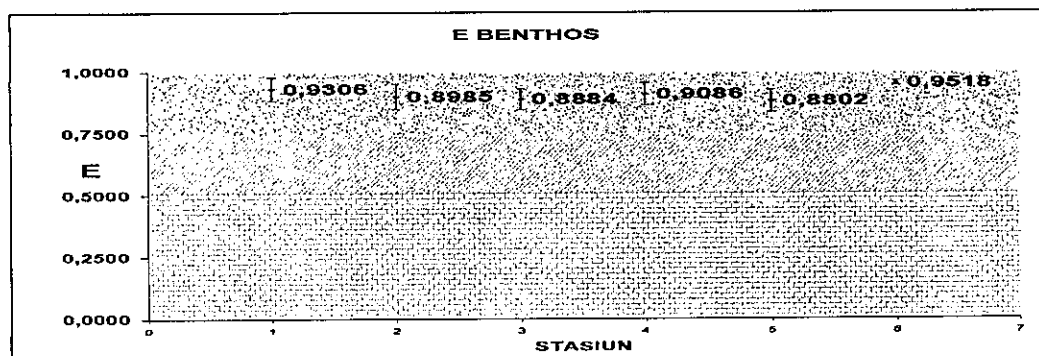
- $0,00 \leq E \leq 0,50$ ; komunitas berada pada kondisi tertekan,
- $0,50 \leq E \leq 0,75$ ; komunitas berada pada kondisi labil, dan
- $0,75 \leq E \leq 1,00$ ; komunitas berada pada kondisi stabil.

**Tabel 19. Nilai E (Keseragaman) Benthos Rata-rata Perairan DAS Kaligarang**

No.	Lokasi	E Benthos	Kriteria Daget (1976) dalam Dahuri (1993)
1.	Tinjomoyo	0,9306	Stabil ( $E \geq 0,75$ )
2.	Kripik-Kreo	0,8985	
3.	Tugu Suharto	0,8884	
4.	PDAM	0,9086	
5.	Bendung Simongan	0,8802	
6.	Muara	0,9518	

Sumber : Data Primer (2004)

Dijelaskan oleh Hendarko (1993) dalam Kartikadewi (2004), bahwa mantap dan stabilnya komunitas tersebut karena adanya interaksi yang mantap, baik antara organisme penyusun komunitas itu sendiri maupun antara organisme itu sendiri dengan lingkungannya. Masing-masing komponen ekosistem sesuai peran dan fungsinya sendiri telah menciptakan suatu keseimbangan yang stabil dan dinamis.



**Ilustrasi 17. Keseragaman Benthos Tiap Stasiun**

#### **4.5. Hubungan antara Kondisi Parameter Fisika Kimia Perairan dengan Kondisi Parameter Biologi Perairan**

Hasil kajian parameter fisika kimia perairan DAS Kaligarang menunjukkan beberapa parameter fisika kimia tersebut melebihi batas kriteria mutu air golongan B maupun C berdasar PP No. 82 tahun 2001. Parameter yang melebihi baku mutu air itu adalah BOD<sub>5</sub>. Fosfat juga melebihi baku mutu air untuk air minum berdasar ketentuan dari UNESCO/WHO/UNEP (1992).

Hasil kajian biologi perairan; nilai TSI, keanekaragaman dan keseragaman perifiton dan benthos, menunjukkan di beberapa stasiun mengalami pencemaran berat.

Untuk mengetahui hubungan kondisi parameter fisika kimia perairan dengan kondisi parameter biologi perairan diadakan uji korelasi dengan menggunakan software SPSS 10.01.

Hasil analisa korelasi antara parameter fisika kimia perairan dengan parameter biologi perairan menunjukkan adanya hubungan yang nyata ( $p \leq 0,05$ ) dan sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ).

Kedalaman perairan berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap TSI perifiton. Makin dalam suatu perairan, makin kecil nilai TSI perairan tersebut (Pearson Corelation = -0,672). Hal tersebut berkaitan dengan masuknya cahaya ke dalam perairan, yang berakibat pada aktifitas fotosintesa algae perairan tersebut.

Kecepatan arus berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap TSI Perifiton. Makin cepat suatu aliran arus di perairan tersebut, makin tinggi nilai TSI nya. Arus berfungsi dalam mendistribusikan zat hara dan membuang hasil metabolisme yang tidak diperlukan. Oleh karenanya, pada daerah yang berarus cepat mempunyai kecenderungan TSI nya tinggi dibanding daerah berarus lambat.

Kondisi pH berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap nilai keanekaragaman perifiton dan keanekaragaman benthos. Makin besar nilai pH makin besar pula nilai keanekaragaman perifiton (Pearson Corelation = 0,036) dan keanekaragaman benthos (Pearson Corelation = 0.03).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian disimpulkan :

1. Kondisi parameter fisika kimia perairan DAS Kaligarang menunjukkan adanya beban cemaran yang meningkat. Hal tersebut diketahui dengan makin rendahnya kualitas air dari hulu ke hilir. Hal tersebut berdasar Kriteria Mutu Air Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
2. Kondisi saprobitas DAS Kaligarang bervariasi; Oligosaprobik pada daerah hulu dan berangsur-angsur menjadi  $\beta$ -Mesosaprobik dan  $\alpha$ -Mesosaprobik ke arah hilir.
3. Terdapat hubungan nyata dan sangat nyata antara kondisi parameter fisika kimia perairan dengan kondisi parameter biologi perairan.
4. Kondisi parameter biologi perairan dapat dipakai sebagai petunjuk kualitas air dari suatu perairan

#### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukannya upaya yang dapat menyadarkan masyarakat agar sungai dapat berfungsi sebagai peruntukannya. Hal tersebut dapat dilaksanakan dengan mengadakan penyuluhan

mengenai pentingnya pengendalian pencemaran sungai kepada masyarakat.

2. Perlu adanya tempat pengolahan limbah penduduk sebelum memasuki badan air DAS Kaligarang. Hal tersebut dimaksudkan agar limbah cair yang masuk ke DAS sesuai dengan standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan.
3. Perlunya sosialisasi baku mutu limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan perairan, dan upaya pengolahan limbah industri dan limbah perkotaan secara terpadu. Juga diharapkan peran serta berbagai pihak; instansi yang berwenang, praktisi lingkungan, ilmuwan, pengusaha, dan masyarakat agar DAS Kaligarang ini berfungsi sebagaimana mestinya. Hal tersebut juga harus didukung oleh sumberdaya dan pengelolaan yang baik serta berkesinambungan.
4. Perlu dilakukannya pengamatan kualitas air, baik dengan parameter fisika kimia maupun biologi perairan secara berkala untuk mengetahui laju pencemaran dan kualitas air DAS Kaligarang. Hasilnya disosialisasikan kepada masyarakat agar masyarakat juga merasa ikut bertanggung jawab dan merasa memiliki sehingga ikut menjaga kondisi DAS Kaligarang ini agar sesuai dengan peruntukannya.
5. Untuk pengamatan selanjutnya, dapat dilakukan pada bagian pinggir - tengah – pinggir daripada badan sungai tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, S. 1995. *Penuntun Praktikum Kesuburan Perairan*. Universitas Diponegoro Semarang
- APHA, 1992. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 18<sup>th</sup> Edition. American Public Health Association-American Water Works Association and Water Environment Federation. Washington.
- Bappeda Semarang, 2000. *Profil Wilayah Pantai dan Laut Kota Semarang*. Proyek Perencanaan Wilayah Pantai Terpadu dan Penyusunan NSAD. Pemerintah Kota Semarang. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. Semarang
- Dahuri, M., J. Rais., SP Ginting., dan MJ Sitepu 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita. Jakarta. Indonesia
- Dawson, EY. 1966. *How to Know The Seaweeds*. Mc. Brown Company Publishing, Iowa.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- FWPCA. 1968. *Water Quality Criteria*. Federal Water Pollution Control Administration. Washington.
- Hadi, S. 1982. *Metodologi Research*. Andi Offset, Yogyakarta
- Hutabarat, S dan S.M. Evans, 1985. *Pengantar Oseanografi*. UI Press. Jakarta.
- Kartikadewi, DS. 2004. *Pengaruh Limbah Panas dari Pusdiklat Migas Cepu terhadap Perifiton di Sungai Bengawan Solo*. Skripsi. Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan Universitas Diponegoro Semarang.
- Kementrian Lingkungan Hidup (KLH), 1995. *Bioindikator Kualitas Perairan*. Tim Perumus.
- Moerniati, ES. 2003. *Evaluasi Prokasi di Kota Semarang - Tinjauan pada Kondisi Fisika – Kimia Air Sungai Kaligarang*. Thesis Manajemen Sumberdaya Pantai. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang
- Moore Jr, JG. 1968. *Water Quality Criteria*. Federal Water Pollution Control Administration. Washington.
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologi*. Gramedia. Jakarta
- Odum, PE. 1971. *Fundamental of Ekologi*. Saunders Company, Philadelphia.



- Quigley, M.----. *Invertebrates of Streams and Rivers*. A Key to Identification. Edward Arnold Press. Northampton.
- Rand, Greenberg, and Taras. 1975. *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. Washington.
- Ravera, O. 1978. *Biologycal Aspects of Freshwater Pollution*. Commision of The European Communities. Pergamon Press.
- Romimohtarto, K dan S Juwana. 2001. *Biologi Laut : Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Romimohtarto, K dan S Juwana. 2004. *Meroplankton Laut – Larva Hewan Laut yang Menjadi Plankton*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Rudiono. 2004. *Kajian Parameter Fisika Kimia Di Perairan Estuaria Banjir Kanal Barat Semarang*. Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suin, NM. 1999. *Metoda Ekologi*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. JAKrta
- Supriharyono, 2004. *Peranan Indikator Biologis dalam Penilaian Tingkat Pencemaran Perairan*. Makalah disampaikan dalam acara : Bin. Tek. Bappedal Propinsi Jawa Tengah. 25 s.d. 27 September 2004. Semarang.
- Supriharyono. 1978. *Kondisi Kualitas Air di Saluran – Saluran di Daerah – Daerah Persawahan, Persawahan - Pemukiman Dan Pemukiman, Delta Upang, Sumatra Selatan*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Supriharyono. 2000. *Pengelolaan Ekositem Terumbu Karang*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wahana Komputer. 2002. *10 Model Penelitian dan Pengolahannya dengan SPSS 10.01*. Diterbitkan atas kerjasama Wahana Komputer Semarang dengan Penerbit Andi Yogyakarta.
- Wardhana, WA. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan – Edisi Revisi*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Widiarsih,W. 2002. *Kajian Pencemaran Bahan Organik di Kawasan Pesisir Semarang*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Widowati, LL. 2004. *Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Aspek Produktifitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.